

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-207095

(43)Date of publication of application : 13.08.1996

(51)Int.Cl.

B29C 45/50
B29C 45/77

(21)Application number : 07-041432

(71)Applicant : FANUC LTD

(22)Date of filing : 07.02.1995

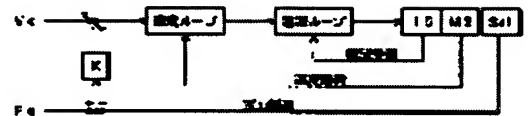
(72)Inventor : INABA ZENJI
KAMIGUCHI MASAO
NEKO TETSUAKI
HIRAGA KAORU
HASE MOTOHIRO

(54) INJECTION CONTROL OF INJECTION MOLDING MACHINE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an injection molding method which acquires optimal injection conditions easily.

CONSTITUTION: This injection control method for an injection molding machine is to control an injection process by overlapping both a closed loop control over an injection velocity and a closed loop control over an injection pressure. An injection pressure waveform when the molding is performed only by the closed loop control over injection velocity, is obtained by setting an injection velocity command. After that, the molding is performed on the same conditions and an injection pressure deviation and a screw position deviation between the molding operations are obtained. Further, the injection velocity command is corrected (velocity drop) based on the magnitude of the injection pressure deviation and an augmentation point of position deviation to obtain an injection velocity command pattern. In addition, both injection velocity and injection pressure closed loop controls are performed in an overlapped mode based on the injection velocity command V_c pattern and the injection pressure waveform obtained as an injection pressure command P_c . The injection velocity command V_c pattern and the injection pressure command P_c pattern are obtained easily. Thus, a stable control is acquired as a commanded injection velocity is decreased at a position where the control is unstable.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

07.02.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3550206

[Date of registration]

30.04.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 8 - 2 0 7 0 9 5

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 8 月 13 日

(51) Int. Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 9 C	45/50	9350 - 4 F		
	45/77	7365 - 4 F		

審査請求 未請求 請求項の数 8

F D

(全 1 6 頁)

(21) 出願番号 特願平 7 - 41432

(22) 出願日 平成 7 年 (1995) 2 月 7 日

(71) 出願人 390008235

ファナック株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3580 番地

(72) 発明者 稲葉 善治

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3580 番地
ファナック株式会社内

(72) 発明者 上口 賢男

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3580 番地
ファナック株式会社内

(74) 代理人 弁理士 竹本 松司 (外 4 名)

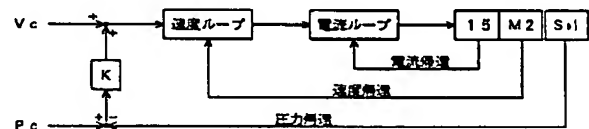
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 射出成形機の射出制御方法

(57) 【要約】

【目的】 簡単に最適射出射出条件を得ることができる射出制御方法を提供すること。

【構成】 射出速度のトロースドループ制御と射出圧力のトロースドループ制御を重畳して行う射出制御方法である。射出速度指令を設定し射出速度のクロースドループ制御のみにより成形を行いそのときの射出圧力波形を得る。その後、同一条件で成形を行い各成形間における射出圧力偏差、及びスクリュー位置偏差を求める。射出圧力偏差の大きさ、及び位置偏差増大点より射出速度指令を修正（速度の低下）を行い、射出速度指令パターンを得る。この射出速度指令 V c パターンと上記得られた射出圧力波形を射出圧力指令 P c パターンとして、射出速度と射出圧力のトロースドループ制御を重畳して行う。射出速度指令 V c パターンと射出圧力指令 P c パターンが簡単に得られる。制御が不安定になる位置においては指令射出速度が低下させられるから安定した制御が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 射出速度のクローズドループ制御を行うと共に同時に重畳して射出圧力のクローズドループ制御を行う射出成形機の射出制御方法において、設定された射出速度指令パターンにより射出速度のクローズドループ制御のみの射出制御による成形を行い、全射出区間の射出圧力パターンを取得し、その後 1 以上の射出速度のクローズドループ制御のみの射出制御による成形を行い、上記射出圧力パターンとの射出圧力偏差を全射出区間求め、該射出圧力偏差に基づいて上記射出速度指令パターンを修正し、該修正した射出速度指令パターンを上記射出速度のクローズドループ制御における射出速度指令パターンとし、上記取得した射出圧力パターンを射出圧力のクローズドループ制御の射出圧力指令パターンとすることを特徴とする射出成形機の射出制御方法。

【請求項 2】 射出速度のクローズドループ制御を行うと共に同時に重畳して射出圧力のクローズドループ制御を行う射出成形機の射出制御方法において、設定された射出速度指令パターンにより射出速度のクローズドループ制御のみの射出制御による成形を行い、全射出区間の射出圧力パターンを取得し、その後 1 以上の射出速度のクローズドループ制御のみの射出制御による成形を行い、上記射出圧力パターンとの射出圧力偏差を全射出区間求めると共に、スクリュの指令位置と実際の位置との位置偏差増大点を求め、該射出圧力偏差と位置偏差増大点に基づいて上記射出速度指令パターンを修正し、該修正した射出速度指令パターンを上記射出速度のクローズドループ制御における射出速度指令パターンとし、上記取得した射出圧力パターンを射出圧力のクローズドループ制御の射出圧力指令パターンとすることを特徴とする射出成形機の射出制御方法。

【請求項 3】 上記位置偏差増大点より以後の所定区間に亘って所定比率で増大させ、その後一定とした値に基づいて射出速度指令パターンを修正する請求項 2 記載の射出成形機の射出制御方法。

【請求項 4】 上記射出圧力偏差による射出速度指令パターンの修正は得られた射出圧力偏差の最大値で該射出圧力偏差を除した値に基づいて行う請求項 1、請求項 2 若しくは請求項 3 記載の射出成形機の射出制御方法。

【請求項 5】 射出速度のクローズドループ制御を行うと共に同時に重畳して射出圧力のクローズドループ制御を行う射出成形機の射出制御方法において、設定された射出速度指令パターンにより射出速度のクローズドループ制御のみの射出制御による成形を行い、全射出区間の射出圧力パターンを取得し、その後 1 以上の射出速度のクローズドループ制御のみの射出制御による成形を行い、上記射出圧力パターンとの射出圧力偏差を全射出区間求めると共に、スクリュの指令位置と実際の位置との位置偏差増大点を求め、得られた射出圧力偏差の最大値で全区間における各射出圧力偏差を除した値と上記位置

偏差増大点より以後の所定区間で 1 に達するよう所定比率で増大させその後 1 とした値の大きい方を速度指令補正用の値として全区間に亘って求め、該速度指令補正用の値に所定比率を乗じた値を上記射出速度指令パターンから減じて、修正した射出速度指令パターンを求め、該修正した射出速度指令パターンを上記射出速度のクローズドループ制御における射出速度指令パターンとし、上記取得した射出圧力パターンを射出圧力のクローズドループ制御の射出圧力指令パターンとすることを特徴とする射出成形機の射出制御方法。

【請求項 6】 上記射出圧力偏差は、複数回の成形によって得られる射出圧力偏差の積算値である請求項 1、請求項 2、請求項 3、請求項 4 若しくは請求項 5 記載の射出成形機の射出制御方法。

【請求項 7】 上記射出圧力偏差の積算値は、各成形における射出圧力偏差の絶対値を積算したものである請求項 6 記載の射出成形機の射出制御方法。

【請求項 8】 上記位置偏差増大点は複数回の成形によって得られる位置偏差増大点の最小スクリュ前進位置とする請求項 2、請求項 3 若しくは請求項 5 記載の射出成形機の射出制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、射出成形機の射出制御方法に関する。特に、射出速度のクローズドループ制御を行うと共に射出圧力のクローズドループ制御を重畳して行う射出制御における射出速度指令パターン、射出圧力指令パターンを簡単に得ることができる射出制御方法を提供することにある。

【0002】

【従来の技術】 射出成形機の射出制御は、従来スクリュ位置に対するスクリュの射出速度（前進速度）を制御することによって行われることが一般的であった。しかし、成形品の良否は射出速度の影響よりも射出圧力、即ち樹脂の流動圧力の影響の方が大きい。そこで、射出圧力を検出し、該射出圧力が設定値と一致するように圧力のクローズドループ制御を行う射出制御方法が開発されている（特開平 3-58821 号公報参照）。さらには、射出中の射出圧力を検出し、この射出圧力パターン（波形）を編集し、編集された圧力パターンを目標値として圧力のクローズドループ制御を行って射出制御を行う方法も、例えば国際公開公報 WO 92/11994 号等で公知である。

【0003】 また、射出制御を射出速度のクローズドループ制御と圧力のクローズドループ制御を同時に重畳して行う制御も本願出願人によって特願平 6-124742 号によって提案されている。この射出速度制御と圧力制御を同時に行う方法は、設定圧力パターンと一致するように速度指令を修正しながら、設定射出圧力パターンと実際の射出圧力波形が一致するまで行い繰り返し射出

速度、射出圧力制御を重畳して行い、設定射出圧力パターンと実際の射出圧力波形が一致した段階で良成形品が得られなければ、再度設定射出圧力パターンを修正し、この修正した設定射出圧力パターンに基づいて、前述同様の射出速度指令を修正しながら射出速度、射出圧力制御を重畳し行い、良成形品が得られる設定射出圧力パターン及び速度指令を得るものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上述した射出圧力のクローズドループ制御では、設定された射出圧力とセンサで検出した射出圧力よりその圧力偏差を求め、該偏差に基づいてPID（比例、積分、微分）制御がなされるものであるが、最適な設定圧力（圧力パターン）を求め設定することが難しく、金型が変わる毎にこの難しい最適圧力パターンを設定する作業が必要になる。さらに、この制御ループのPIDパラメータ（ゲイン）は一度設定されると変更されるものではなく、制御対象（金型）が変わっても変更されないことから制御自体はかわらず、最適な制御が難しいという問題がある。

【0005】 また、上述した射出速度と射出圧力のクローズドループを重畳して行う方法においても、最適な目標値となる射出圧力パターン、速度指令等の射出条件を得ることに時間を要するという問題がある。

【0006】 そこで、本発明は、射出速度と射出圧力のクローズドループを重畳して行う方法において、簡単に最適射出条件を得ることができる射出制御方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明は、射出速度のクローズドループ制御を行うと共に同時に重畳して射出圧力のクローズドループ制御を行う射出成形機の射出制御方法に適用されるもので、まず、設定された射出速度指令パターンにより射出速度のクローズドループ制御のみの射出制御による成形を行い、全射出区間の射出圧力パターンを取得する。その後1以上の射出速度のクローズドループ制御のみの射出制御による成形を行い、上記射出圧力パターンとの射出圧力偏差（複数回の成形を行う時には射出圧力偏差の積算値）を全射出区間求める。該射出圧力偏差（若しくは射出圧力偏差の積算値）に基づいて上記射出速度指令パターンを修正し、該修正した射出速度指令パターンを上記射出速度のクローズドループ制御における射出速度指令パターンとし、上記取得した射出圧力パターンを射出圧力のクローズドループ制御の射出圧力指令パターンとする。

【0008】 さらに、射出圧力パターンとの射出圧力偏差を求める際に、スクリュの指令位置と実際の位置との位置偏差増大点を求める。複数回の成形を行うときには複数回の成形によって得られる位置偏差増大点の最小スクリュ前進位置をこの位置偏差増大点とする。そして、上記該射出圧力偏差（若しくは射出圧力偏差の積算

値）と位置偏差増大点に基づいて上記射出速度指令パターンを修正し、該修正した射出速度指令パターンを上記射出速度のクローズドループ制御における射出速度指令パターンとし、上記取得した射出圧力パターンを射出圧力のクローズドループ制御の射出圧力指令パターンとする。

【0009】 また、射出速度指令パターンの修正は得られた射出圧力偏差（若しくは射出圧力偏差の積算値）の最大値で射出圧力偏差（若しくは射出圧力偏差の積算値）を除した値に基づいて行う。さらに、位置偏差増大点より以後の所定区間所定比率で増大させた値に基づいても射出速度指令パターンを修正して、射出速度のクローズドループ制御と射出圧力のクローズドループ制御を重畳して行う射出制御の射出速度指令パターンとする。

【0010】 さらに本発明の最適な態様は、設定された射出速度指令パターンにより射出速度のクローズドループ制御のみの射出制御による成形を行い、全射出区間の射出圧力パターンを取得する。その後1以上の射出速度のクローズドループ制御のみの射出制御による成形を行い、上記射出圧力パターンとの射出圧力偏差（複数回の成形を行う時には射出圧力偏差の積算値）を全射出区間求めると共に、スクリュの指令位置と実際の位置との位置偏差増大点（複数回の成形を行うときには複数回の成形によって得られる位置偏差増大点の最小スクリュ前進位置）を求め、得られた射出圧力偏差（複数回の成形を行う時には射出圧力偏差の積算値）の最大値で全区間における各射出圧力偏差（複数回の成形を行う時には射出圧力偏差の積算値）を除した値と得られた位置偏差増大点（位置偏差増大点の最小スクリュ前進位置）より以後の所定区間で1になるよう所定比率で増大させた値の大きい方を速度指令補正用の値として全区間に亘って求める。そして、該速度指令補正用の値に所定比率を乗じた値を上記射出速度指令パターンから減じて、修正した射出速度指令パターンを求め、該修正した射出速度指令パターンを上記射出速度のクローズドループ制御における射出速度指令パターンとし、上記取得した射出圧力パターンを射出圧力のクローズドループ制御の射出圧力指令パターンとする。なお、複数回の成形を行い射出圧力偏差の積算値を求めるときには、各射出圧力偏差の絶対値を積算して、この値を射出圧力偏差の積算値としてもよい。

【0011】

【作用】 射出速度のクローズドループ制御のみで射出制御を行う成形を行い、そのとき全射出区間の射出圧力パターンを取得する。次に、1以上の射出速度のクローズドループ制御のみの射出制御による成形を行い、上記射出圧力パターンとの射出圧力偏差（複数回の成形を行う時には射出圧力偏差の積算値）を全射出区間求める。さらには、スクリュの指令位置と実際の位置との位置偏差増大点（複数回の成形を行うときには複数回の成形によ

って得られる位置偏差増大点の最小スクリュ前進位置)を求める。射出圧力偏差が生じるということは、その位置において樹脂の流路が狭くなり樹脂の流動状態が変わって、制御系が不安定になっていることを意味する。このような位置においては、制御系のゲインを下げ制御系の安定化を図る必要があるが、本発明はゲインを低下させる代わりに、射出速度指令を低下させることによって対応させる。そのために、射出圧力偏差(射出圧力偏差の積算値)に応じて射出速度指令パターンを修正(指令射出速度の低下)する。また、位置偏差が増大することは、樹脂が金型内に充填され、スクリュの前進が止まり、速度指令に対する追従性が悪くなったことを意味する。この段階では、速度の応答性はほとんど必要なく、制御系のゲインを低下させればよいが、本発明は、ゲインの低下の代わりに、この場合にも射出速度指令を低下させることによって対応する。その結果、射出圧力偏差に伴う射出速度指令の低下と、位置偏差増大点以降の射出速度指令の低下を重ねて行わせることによって、制御系が不安定となる位置において制御系のゲインを低下させたことと等しくなる射出速度指令の低下の補正を行う。そして、この補正された射出速度指令パターンを射出速度のクローズドループ制御の射出速度指令パターンとし、最初の成形によって得られた射出圧力パターンを射出圧力のクローズドループ制御の射出圧力指令のパターンとすることによって、射出速度のクローズドループ制御と重ねて同時に射出圧力のクローズドループ制御を行えば、安定した射出制御が可能となる。

【0012】

【実施例】従来、スクリュ位置に基づいてスクリュの射出速度を設定し、射出制御をスクリュの射出速度制御によって行い、成形された成形品の良否は、その成形時に得られた射出圧力(樹脂圧力、樹脂の流動圧力)波形によって判別し、その判別結果に基づいて射出速度が調整され、良成形品を得るように成形条件出しが行われているが、これは、スクリュの射出速度と射出圧力が何等かの相関を有しているということを前提としている。

【0013】しかし、スクリュの射出速度は、せいぜい溶融樹脂の1次元の流動を示しているものに過ぎず金型内の3次元の流動を示しているものではなく、そのため、スクリュの射出速度が溶融樹脂の流動圧力(射出圧力)に完全に比例するものではない。図6に示すように、スクリュ35の基部に該スクリュ35の軸方向に作用する樹脂圧力(射出圧力)を検出するロードセル圧力センサSe1を取り付け、さらに、シリンダ34のノズル部に該ノズル部の樹脂圧力を検出するノズル圧力センサSe2を、金型39のゲート部に該ゲート部の樹脂圧を検出するゲート圧力センサSe3を、また製品の終端部にキャビティ内圧センサSe4を取り付けておき、スクリュの射出速度をクローズドループで制御した射出を100ショット行い、その時の射出速度、及び各センサ

で圧力を検出する実験を行った。このとき得られた100ショット分の各検出値を重ねて描画した図が図7である。この図7から明らかなように、クローズドループで制御されている射出速度は各ショットに変動がなく、正確に制御されている。しかし、樹脂圧を検出する各センサSe1~Se4からの検出圧力波形はどの観測点においても帯状となりバラツキがあることがわかる。

【0014】このことは、クローズドループ制御によりスクリュの射出速度は正確に設定速度を再現するように制御されているが、該スクリュの移動によって発生する溶融樹脂の流動速度に伴って各センサ部で発生する樹脂圧は直接制御されていないことに起因して検出圧力波形がばらついているものと判断される。また、スクリュの先端には逆流防止リングがあり、射出時にこのリングの動作を直接制御できないことにも起因しているものと想定できる。さらに、実際に流動する樹脂は可塑化の不安定さによる温度むらや粘度むらによってその流動抵抗が変化することから、スクリュ速度が一定でも各センサで検出される樹脂圧が変動するものと想定できる。

【0015】一方、良成形品が得られたときの圧力波形を射出圧力指令パターンとして圧力のクローズドループ制御(ロードセル圧力センサSe1で検出される樹脂圧が射出圧力指令パターンと一致するように制御)したときに検出されるスクリュの射出速度、各センサSe1~Se4で検出される樹脂圧を100ショット分書き出したものが図8である。各圧力センサSe1~Se4で検出される樹脂圧は、ばらつきがなく安定しているが、射出速度にはばらつきが生じていることがわかる。

【0016】以上のように、射出速度をクローズドループ制御すれば、樹脂圧にバラツキが生じ、逆に樹脂圧力をクローズドループ制御すれば、射出速度にばらつきが生じることがわかる。また、射出開始を起点として、各センサSe1~Se4で樹脂圧が感知される時間を測定しそのばらつきを求めると、図9にグラフで示す結果が得られた。図9において、Aは射出速度のクローズドループ制御を行ったときで、Bは圧力のクローズドループ制御を行ったときのばらつきを示すものである。この図9からわかるように、射出速度制御では、樹脂が各センサの位置に到着するまでの時間のばらつきが最後まで影響していることに対して、圧力制御では、樹脂が金型内に流動するにしたがって到着時間のばらつきが少なくなっていることがわかる。このことから、速度制御より圧力制御の方が優れていることがわかる。

【0017】また、図10は再生樹脂の混合比率に対する成形品の重量のばらつきを測定した実験結果を示す図である。射出速度のクローズドループ制御により射出制御を行ったときと、樹脂圧のクローズドループ制御により射出制御を行ったときの実験結果である。速度制御より樹脂圧制御の方が成形品の重量にばらつきが少なく圧力制御の方が射出制御としては勝っていることがわか

る。

【0018】しかし、スクリュ位置と金型のキャビティ内の樹脂充填位置の関係が想定しやすいことから、スクリュ位置による射出速度の設定は比較的容易ではあるが、樹脂圧を決定づける樹脂の流動抵抗を想定することが難しくスクリュ位置に基づく樹脂圧を設定することは難しい。一方、前述したように、射出速度と射出圧（樹脂圧）の関係は相関を有しており、また、例えば、射出速度のクローズドループで射出制御を行ったとき図11に示すような圧力波形（センサSe1、Se4で検出される圧力波形）が得られ、この圧力波形で（ア）で示されるピーク圧力がなくなるように図12に（ア）で示すように圧力波形を編集し、この圧力波形パターンを射出圧力指令パターンとして圧力のクローズドループ制御を行ってみると、射出速度は図11で（イ）で示されるピーク圧発生時の射出速度が、図12での（イ）で示されるように変化したものが得られた。このことは、射出圧力指令パターンを修正すればそれに伴って射出速度も変化すること、逆に射出速度を変えれば射出圧力波形も変化することを示している。

【0019】そこで、射出速度を20mm/sから60mm/sまでを5mm/sずつ速度を増加して射出速度一定の速度クローズドループの射出制御を行い、ロードセル圧力センサSe1で検出される射出圧力をスクリュ位置に基づいて求めると図13に示されるような結果を得た。この図13から、射出速度が早いほど射出圧力は高くなること、また、全ての区間で射出速度が一定でも圧力の変化が一応ではなく、射出速度と射出圧は非線形の関係にあることがわかる。

【0020】そこで、射出圧力を射出速度で制御しようとする、上述したことから、次のことを考慮する必要がある。

（1）充填初期では金型内を樹脂が流動しながら充填する流動充填状態なので、この段階での圧力制御には高い応答性が必要である。

（2）金型内の樹脂流路が狭くなる部分では、樹脂が圧縮されるため、小さい速度変化でも大きな圧力変化として現れる。このため、余り応答性がよいと逆に発振してしまい制御系が不安定となる。

（3）充填後期は、樹脂の冷却収縮を補うための圧縮充填工程となる。この工程では樹脂流動はほぼ止まり収縮を補うために加えられた力は、圧縮損失がない状態で検出されることになり、速度の応答性はほとんど必要がない。

【0021】以上のような速度と圧力の非線形の関係の知識を利用して制御系を構築するには、制御系を線形的に近似できる区間に分類し、各区間で最適な制御ゲインを求めて制御するゲインスケジュール方式が適用できるが、射出成形においては成形する樹脂の要因や、金型の要因に依存する部分が多く、これらの要因は成形される

製品が異なれば変化することになり、製品毎に上記線形制御区間及びゲインを見直さねばならず、ゲインスケジュール方式を適用することは難しい。

【0022】そこで、本発明は、射出速度制御と射出圧力制御を重ねておこなうと共に、上述した射出速度と射出圧の非線形の関係に対してファジィ制御を適用することによって解決した。

【0023】射出工程において最適な圧力制御を行うには上述したように、金型内の樹脂流動変換点、金型内の樹脂充填率を知り、最適な射出速度もしくは射出圧を設定する必要がある。そのために、本実施例においては、まず、当該金型による成形において適当と予想される射出速度をスクリュ位置に基づいて設定し、射出速度のクローズドループで射出制御を行って複数回の試しショットを行う。そして、時系列にショット間における圧力偏差を求める。図14は、ロードセル圧力センサSe1によりこのようにして求めたショット間の圧力偏差（図14の㊸）と、該ロードセル圧力センサSe1で検出された射出圧（図14の㊹）の検出例である。

【0024】図14において、圧力偏差の大きなピークが3か所に生じばらついているが、この圧力偏差が大きく現れていることは、この点で速度制御でのフィードバック補償が難しい外乱に弱い部分であり、金型内での流路が狭く変化している部分に相当するものと推定できる。その結果、図15に示すように、スクリュ位置に基づく、外乱による影響（金型形状による影響）に対するファジィ制御におけるメンバーシップ関数の値を得ることができる。

【0025】さらに、上記複数回のショット時に、スクリュ位置と時間の関係を検出し、ショット間の位置偏差を求める。図16は求められたスクリュ位置（㊺）と各ショットの位置偏差（㊻）をグラフ表示したものである。図16の（ア）の部分から位置偏差が生じ、かつその位置偏差はバラツキが生じていることがわかる。これは、充填完了近傍で速度追従が出来なくなったため、もしくは保圧制御のため速度が変化しばらついたものと判断される。この図16から、樹脂の充填率即ち速度追従性のメンバーシップ関数の値を図17に示すように獲得することができる。

【0026】図15に示すメンバーシップ関数の値は流動変換点における流動抵抗に起因するものであり、この点においては前述したように制御系のゲインを落し（ゲインを落とせば圧力偏差のばらつきも少なくなる）制御系を安定にする必要がある。また、図17に示すメンバーシップ関数の値は、樹脂の充填率の影響を示すものであり、前述したように速度の応答性は非常に少なくてもよいものであり、ゲインを低下させることを意味する。その結果、上記2つのメンバーシップ関数より制御対象へ入力する制御入力量を求める。即ちこの場合、ゲインの低下量を求める。通常ファジィ制御においては、メン

バーシッパ関数の値の小さい方を採用するが、本発明においては、ゲインを低下させる度合いであることから、メンバーシッパ関数の値の大きい方をとる。その結果、図 18 に示すようなゲイン関数（金型内圧力応答）を得る。この図 18 を用いて、ゲインを調整し、非線形のクローズドループを組むことも可能であるが、クローズドループの制御パラメータの調整が難しいことから、本発明においては、圧力のクローズドループ制御と射出速度のクローズドループ制御を重畳して同時に行い、上記図 18 に基づくゲイン関数を速度指令に重畳させることによって制御する。即ち、図 18 に示すゲイン関数に基づきこの関数分（メンバーシッパ関数の値）に対応する分、速度指令を減少させる。速度指令を減少させれば、実質的にゲインを低下させたことと等しくなり、かつ速度を低下させれば、射出圧力も低下することから、金型内の樹脂流動変換点や樹脂充填完了近傍における圧力や位置の変動を防止させることができる。

【0027】図 2 は上述した方法により補正された速度指令による速度クローズドループ制御と、射出圧力指令パターンによる射出圧力のクローズドループを重畳して実施する射出用サーボモータの駆動制御系のブロック図である。所定周期毎の補正された速度指令 V_c に、その時点でロードセル圧力センサ S_{e1} により検出されている検出射出圧力と射出圧力指令 P_c との間の偏差に所定の比例ゲイン K を乗じた値を加算して速度ループへの速度指令とし、従来と同様の速度ループ処理を行い、さらに従来と同様に電流ループ制御を行ってサーボアンプ 15 を介して射出用サーボモータ M_2 を駆動することによって、ロードセル圧力センサ S_{e1} により検出される射出圧力が射出圧力指令 P_c に一致するように速度制御を行うものである。

【0028】図 1 は、上述した方法による本発明の一実施例を実施する電動式射出成形機 30 の要部を示すブロック図であり、符号 33 は固定側金型 39 が取付けられた固定プラテン、符号 32 は可動側金型 39 が取付けられた可動プラテン、符号 34 は射出シリンダ、符号 35 はスクリューである。可動プラテン 32 は、型締め用サーボモータ M_1 の軸出力により、ボールナット & スクリューやトルク機構等から成る型締め機構 31 を介し、射出成形機 30 のタイバー（図示せず）に沿って移動される。また、スクリュー 35 は、駆動源の軸回転を射出軸方向の直線運動に変換するための駆動変換装置 37 を介して射出用サーボモータ M_2 により軸方向に駆動され、また、歯車機構 36 を介してスクリュー回転用サーボモータ M_3 により計量回転されるようになっている。スクリュー 35 の基部にはロードセル圧力センサ S_{e1} が設けられ、スクリュー 35 の軸方向に作用する樹脂圧力、即ち、射出工程における射出圧力や計量混練り工程におけるスクリュー背圧が検出される。射出用サーボモータ M_2 にはスクリュー 35 の位置や移動速度を検出するた

めのパルスコード P_2 が配備され、また、型締め用サーボモータ M_1 には、可動プラテン 32 を駆動する型締め機構 31 のトルクヘッドの位置を検出するためのパルスコード P_1 が配備されている。

【0029】射出成形機 30 を駆動制御する制御装置 10 は、数値制御用のマイクロプロセッサである CNC 用 CPU 25、プログラマブルマシンコントローラ用のマイクロプロセッサである PMC 用 CPU 18、サーボ制御用のマイクロプロセッサであるサーボ CPU 20、および、ロードセル圧力センサ S_{e1} と A/D 変換器 16 を介して射出圧力やスクリュー背圧のサンプリング処理を行うための圧力モニタ用 CPU 17 を有し、バス 22 を介して相互の入出力を選択することにより各マイクロプロセッサ間での情報伝達が行えるようになっている。

【0030】PMC 用 CPU 18 には射出成形機のシーケンス動作を制御するシーケンスプログラム等を記憶した ROM 13 および演算データの一時記憶等に用いられる RAM 14 が接続され、CNC 用 CPU 25 には、射出成形機 30 を全体的に制御するプログラム等を記憶した ROM 27 および演算データの一時記憶等に用いられる RAM 28 が接続されている。

【0031】また、サーボ CPU 20 および圧力モニタ用 CPU 17 の各々には、サーボ制御専用の制御プログラムを格納した ROM 21 やデータの一時記憶に用いられる RAM 19、および、成形データのサンプリング処理等に関する制御プログラムを格納した ROM 11 やデータの一時記憶に用いられる RAM 12 が接続されている。更に、サーボ CPU 20 には、該 CPU 20 からの指令に基いてエジェクタ用（図示せず）、型締め用、射出用およびスクリュー回転用等の各軸のサーボモータを駆動するサーボアンプ 15 が接続され、型締め用サーボモータ M_1 に配備したパルスコード P_1 および射出用サーボモータ M_2 に配備したパルスコード P_2 からの出力の各々がサーボ CPU 20 に帰還され、パルスコード P_1 からのフィードバックパルスに基いてサーボ CPU 20 により算出された型締め機構 31 のトルクヘッドの現在位置や、パルスコード P_2 からのフィードバックパルスに基いてサーボ CPU 20 により算出されたスクリュー 35 の移動速度およびその現在位置が、RAM 19 の現在位置記憶レジスタおよび現在速度記憶レジスタの各々に逐次更新記憶される。

【0032】インターフェイス 23 は射出成形機の各部に配備したリミットスイッチや操作盤からの信号を受信したり射出成形機の周辺機器等に各種の指令を伝達したりするための入出力インターフェイスである。ディスプレイ付手動データ入力装置 29 は CRT 表示回路 26 を介してバス 22 に接続され、グラフ表示画面や機能メニューの選択および各種データの入力操作等が行えるようになっており、数値データ入力用のテンキーおよび各種のファンクションキー等が設けられている。

【0033】不揮発性メモリ24は射出成形作業に関する成形条件（射出条件、計量混練り条件等）と各種設定値、パラメータ、マクロ変数等を記憶する成形データ保存用のメモリである。不揮発性メモリ24には、さらに補正された速度指令パターン及び射出圧力指令パターンが記憶される。

【0034】上述した構成によって、まず、使用する金型、樹脂に対して最適と思われる射出速度パターンをスクリュ位置に対応して設定し、不揮発性メモリ24に記憶させる。最適と思われる射出速度パターンとは、使用する金型、樹脂と類似するような金型、樹脂によって良

成形品を得たときの設定射出速度パターン等を参考にして適していると思われる修正を加えながら設定する。

【0035】そして、複数回の捨てショットを行った後、射出速度パターン、射出圧力パターン設定指令を入力すると、制御装置10は射出速度パターン、射出圧力パターンを得るための成形動作を開始する。射出工程になるとCNC用CPU25は設定された所定期間毎射出速度パターンを読みだし当該周期の速度指令VciをサーボCPU20に出力し、サーボCPU20は、図2において、圧力のクローズドループを除去した処理を開始する。即ち、上記速度指令VciとパルスコードP2で検出されフィードバックされるサーボモータの実速度に基づいて従来と同様の速度ループ処理を行いトルク指令を求め、このトルク指令と電流検出器（図示せず）で検出される駆動電流のフィードバック信号に基づいて従来と同様の電流ループ制御を行ってサーボアンプ15を介して射出用サーボモータM2を駆動する。

【0036】一方、圧力モニタ用CPU17は、射出速度パターン、射出圧力パターン設定指令が入力されると、図3、図4に示す処理を開始し、まず、カウンタC、フラグf1、射出開始から射出、保圧が完了するまでのサンプリング周期の数mだけ用意されている記憶部Ai(ΔP)（ただしi=1~mである）を「0」にセットし、かつ、上記サンプリング周期の数mをレジスタIにセットする（ステップS1）。なお、上記サンプリング周期はCNC用CPU25が速度指令を出力する周期と同一である。

【0037】次に、指標i、フラグf2、指令スクリュ位置を求めるレジスタBを「0」にセットし（ステップS2）、射出中を示すフラグFが「1」にセットされているか否か判断し、該フラグが「1」にセットされるまで待機する（ステップS3）。なお、フラグFはPMC用CPU18がシーケンスプログラムに従ってCNC用CPU25に射出開始指令を出力したときにセットされるフラグであり、CNC用CPU25が射出工程の処理を完了した時点でリセットされるようになっている。フラグFの初期値はリセット状態の0である。

【0038】上記射出中を示すフラグFが「1」にセットされると、タイマTに上記サンプリング周期をセット

しスタートさせ、該タイマTがタイムアップするのを待つ（ステップS4、S5）。タイマTタイムアップすると、再び該タイマTに上記サンプリング周期をセットしてスタートさせると共に、指標iをインクリメントし、ロードセル圧力センサSe1からA/D変換器16を介して検出される射出圧力及び、サーボCPU20のRAM内の現在値記憶レジスタに記憶されているスクリュの現在位置を、該指標iで示されるサンプリング周期の検出圧力P(i)、及びスクリュ位置Pos(i)として読み取る（ステップS6、S7、S8）。

【0039】そして、フラグf1が「0」か否か判断し、最初はステップS1で「0」にセットされているからステップS10に移行して、RAM12に設けられたファイルFL2の基準射出圧力を記憶する記憶部のアドレスiに対応する位置に上記検出圧力P(i)を基準射出圧力Pc(i)として格納する。

【0040】なお、図5は、ファイルFL1、FL2の構成を説明する図であり、FL1は不揮発性メモリ24に格納されるファイルで、該ファイルには上記サンプリング周期毎の設定射出速度指令Vc(i)が各アドレスに記憶されると共に、基準射出圧力Pc(i)も各アドレス毎に記憶される。また、FL2は、RAM12に設けられたファイルで、該ファイルには、各アドレス毎に、基準射出圧力Pc(i)、後述する圧力偏差の積算値Ai(ΔP)、第1、第2メンバーシップ関数の値αi、βi、第1、第2メンバーシップ関数の値αi、βiより求められる速度指令補正用の値（ゲイン関数）γiが各アドレスに記憶されるようになっている。

【0041】次に、指標iが射出（保圧も含む）工程中のサンプリング周期毎に行われるサンプリング数mより小さいか否か判断し（ステップS19）、小さければ、射出保圧工程が終了していないものであるから、ステップS5に移行し、再びステップS5～ステップS10、及びステップS19の処理を指標iがサンプリング数mになるまで繰り返し実行し、基準射出圧力Pc(i)を検出しファイルFL2に格納する。

【0042】かくして、射出、保圧工程が終了し指標iがmに達すると、基準射出圧力Pc(i)のパターン検出処理である初回の射出工程が終了したことを示すフラグf1を「1」にセットし、射出工程（ショット）を計数するカウンタCをインクリメントし（ステップS20、S21）、成形条件変更指令が入力されているか否か判断する（ステップS22）。ステップS22の処理は、オペレータがこの射出速度パターン、射出圧力パターン設定処理を開始させているにも拘らず、再度成形条件を変更しようとして成形条件変更指令が入力されたときに対応するためのものであり、この指令が入力されていると、この処理をそのまま終了し、再度射出速度パターン、射出圧力パターン設定指令が入力されることに基

10

20

30

40

50

【0043】また、この成形条件変更指令の入力がなければ、ステップS23に移行してカウンタCの値が予め設定されている設定値C0に達したか否か判断し、達していなければ、ステップS2に戻り、ステップS2以下の処理を開始するが、この場合、フラグf1がすでにステップS20で「1」にセットされているから、ステップS9からステップS11に移行し、ファイルFL2に記憶された当該サンプリング周期（指標iで示される周期）に対応する基準射出圧力 $P_c(i)$ からステップS8で検出された射出圧力 $P(i)$ を減じて、当該周期における基準射出圧力 $P_c(i)$ と検出圧力 $P(i)$ の偏差 $\Delta P(i)$ を求め、該偏差 $\Delta P(i)$ をファイルFL2に設けた、当該周期の圧力偏差の積算値を記憶する記憶部Ai (ΔP)の記憶値に加算し、当該記憶部に記憶する（ステップS11、S12）。

【0044】次に、位置偏差増大点検知を記憶するフラグf2が「0」か否か判断し（ステップS13）、最初はステップS2で「0」にセットされているから、ステップS14に移行して、当該周期の速度指令 V_{ci} にサンプリング周期Tを乗じスクリュ指令位置を求めるレジスタBに加算する。図7、図16に示すように射出速度のクローズドループ制御を行っているときは金型内への樹脂の充填率が低い初期の段階ではスクリュ位置は指令に完全に追従するから、各サンプリング周期の速度指令値 V_{ci} にサンプリング周期Tを乗じた値を加算すれば、速度指令により指令されたスクリュ位置が求められる。そして、このレジスタBに記憶されるスクリュ指令位置からステップS8で検出される現在のスクリュ位置を減じて位置偏差を求め、該位置偏差が設定値 ϵ 以上か否か判断する（ステップS15）。射出開始の初期の状態では金型内への樹脂の充填率は低く、この状態では図16に示すようにスクリュは指令どおりに追従するから位置偏差は設定値 ϵ より小さい。このときは、ステップS19に移行し、指標iがmに達しているか否か判断し達していなければステップS5に移行して、ステップS5～S9、S11～15、S19の処理を繰り返し行い、各記憶部Ai (ΔP)に圧力偏差を積算し、位置偏差が設定値 ϵ 以上か否か判断する。

【0045】樹脂が金型内に充填されその充填率が高まり、図16に示すように、指令されたスクリュ位置と実際のスクリュ位置にずれが生じその位置偏差（ $B-Pos(i)$ ）が設定値 ϵ 以上になると、ステップS15からステップS16に移行し、その時の指標iがレジスタIに記憶する値（この初期値はステップS1でmにセットされている）より小さいか否か判断し、小さければ、該レジスタIに指標iの値を格納し（ステップS17）、フラグf2を「1」にセットし（ステップS18）、指標iがmより小さければ、再びステップS5に戻り、前述したステップS5以下の処理を実行する。なお、ステップS16で、指標iの値がレジスタIに記憶する値

以上であるときには、レジスタIの書き替えを行わずにステップS18に進む。

【0046】以下、指標iがmに達するまでステップS5以下の処理を実行し、ファイルFL2の各アドレスiの記憶部Ai (ΔP)に基準射出圧力との圧力偏差を積算するが、すでにフラグf2が「1」にセットされているから、ステップS13からステップS19に移行して、位置偏差増大位置の検出処理（ステップS14～S18）は実行しない。かくして、指標iがmに達すると、前述したステップS20～S23の処理を行い、カウンタCの値が設定値C0に達してなければ再びステップS2以下の前述した処理を実行する。以下、カウンタCの値が設定値C0に達するまでステップS2～ステップS23の処理を繰り返し行い圧力偏差 ΔP を記憶する各アドレスiの記憶部Ai (ΔP)に各アドレスiにおける圧力偏差を積算する（ステップS12）と共に、位置偏差（ $B-Pos(i)$ ）が ϵ を越えたときの指標iの一番小さい値をレジスタIに記憶する（ステップS15～S18）。

【0047】カウンタCの値が設定値C0に達すると、ファイルFL2の各記憶部Ai (ΔP)に記憶する基準射出圧力との圧力偏差の積算値の絶対値の最大値MaxAを求める（ステップS24）。該最大値MaxAで各アドレスの記憶部Ai (ΔP)に記憶する圧力偏差の積算値の符合を無視した値を除して、該最大値を「1」とする圧力偏差によるメンバーシップ関数1の値 α_i （ α_i の符合は常に正）を求め、ファイルFL2に格納する（ステップS25）。

【0048】同一の速度指令パターンでショット（射出）を行い、最初のショットで得られた射出圧力波形に対して以後のショットの射出圧力との圧力偏差の積算値が大きいということは、その積算値の大きいスクリュ位置（アドレスiの位置）で射出圧力にばらつきがあることであり、その位置は樹脂流路が狭い等による樹脂流動抵抗が大きく制御が不安定な位置であることを示している。その結果、上記メンバーシップ関数1の値 α_i の大きさが上記制御不安定の度合いを示すことになり、後述するように、この位置においては速度指令 V_c を減少させて安定した制御を行うようにさせる。

【0049】次に、レジスタIに記憶する位置偏差の増大位置のアドレス位置より、設定されている比率（ $1/q$ ）で1になるまで増加させる位置偏差によるメンバーシップ関数の値 β_i を求め、ファイルFL2に記憶する（ステップS26）。即ち、便宜的にレジスタIに記憶する値がIであったとすると、アドレスiが1～（I-1）までは該メンバーシップ関数の値 β_i を「0」、アドレスIのメンバーシップ関数の値 $\beta(I)$ を「 $1/q$ 」、次のアドレス（I+1）のメンバーシップ関数の値 $\beta(I+1)$ を「 $2/q$ 」、以下、 $\beta(I+2)=3/q$ 、… $\beta(I+q-1)=q/q=1$ とし、以後の β

(1-q) から βm までを「1」とする。

【0050】そして、2つのメンバーシップ関数の値 α_i 、 β_i の内大きい方の値を射出速度指令を補正するための制御入力量としての値 γ_i として各アドレス毎に求め、ファイル F L 2 に記憶する(ステップ S 27)。次に、各アドレス位置に射出速度指令 V c i からこうして求めた制御入力量 γ_i に設定比例定数 k を乗じた値を減じて補正された射出速度指令を求め不揮発性メモリ 24 のファイル F L 1 に記憶された射出速度指令 V c i を書き替え、さらにファイル F L 2 に記憶する射出圧力 P o i を不揮発性メモリ 24 のファイル F L 1 に格納し射出圧力指令パターンとし(ステップ S 28、S 29)、この射出速度パターン、射出圧力パターン設定処理を終了する。

【0051】以上のようにして、メンバーシップ関数の値 α_i 、 β_i に基づく制御入力量 γ_i により、樹脂の流路が狭くなる等により樹脂の流動抵抗が変動し制御が不安定になる位置において、さらに、金型内の樹脂充填率が增大してスクリュが指令に追従できなくなるような位置からは、指令速度 V c i が減少された速度指令パターンを得ることができる。

【0052】こうして射出速度パターン、射出圧力パターンが設定された後、射出成形機に連続成形指令を入力すると、制御装置 10 は、射出工程になると、CNC 用 CPU 18 は各サンプリング周期毎ファイル F L 1 に記憶された速度指令 V c i をサーボ CPU 20 に出力し、サーボ CPU 20 は図 2 に示す射出速度のクローズドループ処理と射出圧力クローズドループ処理を実行する。即ち、サーボ CPU 20 はファイル F L 1 からサンプリング周期毎射出圧力指令 P o i を読み取り、該射出圧力指令 P o i からロードセル圧力センサ S e 1 からフィードバックされてくる実射出圧力を減じて圧力偏差を求め該圧力偏差に設定比例定数 K を乗じた値を、CNC 用 CPU 18 から送られてくる速度指令 V c i に加算し、補正された速度指令を求め該補正速度指令とパルスコード P 2 によって求められる実速度のフィードバックにより従来と同様の速度ループ制御を行いトルク指令を求め、該トルク指令と電流検出器からのフィードバック信号により従来と同様の電流ループ制御を行い射出用サーボモータ M 2 を駆動し射出(保圧を含む)を実行することになる。

【0053】樹脂の流路が狭くなる等により樹脂の流動抵抗が変動し制御が不安定になる位置、金型内の樹脂充填率が增大してスクリュが指令に追従できなくなるような位置においては、指令射出速度が落とされることにより制御の不安定さが解消され、安定した射出制御ができ、簡単に良成形品を得る射出速度指令パターン、射出圧力指令パターンを得ることができる。

【0054】なお、上記実施例においては、メンバーシップ関数の値 α_i を求める際に、圧力偏差 ΔP が生じる

位置は、その位置で樹脂流路が狭くなる等により制御が不安定になっている位置として、圧力偏差 ΔP を積算した値 $A_i (\Delta P)$ によって該メンバーシップ関数の値 α_i を求めた。それは、圧力偏差 ΔP が生じる各位置においては、同一符合の圧力偏差が生じるものとして、単に該圧力偏差 ΔP を積算するだけでよいものとした。しかし、同一スクリュ位置において、圧力偏差にバラツキがあり、正、負の圧力偏差が生じ、この圧力偏差 ΔP を積算した時、正、負の圧力偏差が打ち消しあい、小さな積算値、さらには「0」となる場合も考えられる。そのため、より正確にするに、図 3 のステップ S 11 で求めた圧力偏差 ΔP の絶対値を記憶部 $A_i (\Delta P)$ に積算することによって、圧力偏差 ΔP の符合を無視し、圧力偏差 ΔP のバラツキを考慮したステップ S 24、S 25 における圧力偏差 ΔP の絶対値の積算値、及び圧力偏差 ΔP の絶対値の積算値によるメンバーシップ関数の値 α_i を求めるようにしてもよい。

【0055】さらに、スクリュ位置において、ある位置では、正の圧力偏差 ΔP が各ショット毎生じ、他の場所では負の圧力偏差 ΔP が各ショット毎生じるという現象が生じる場合もある。この場合でも上記実施例では、圧力偏差 ΔP が生じる位置は制御が不安定な位置として、指令射出速度を低下させるようにメンバーシップ関数の値 α_i を求めるようにした。しかし、圧力偏差 ΔP が負の場合 ($P_c(i) < P(i)$) は、基準射出圧力パターンでは指令射出速度指令が高すぎるものとしてその速度指令を低下させ、圧力偏差 ΔP が正の場合 ($P_c(i) > P(i)$) は、指令射出速度指令が低く増大させることが可能として、圧力偏差 ΔP の積算値の符合に合わせて正負のメンバーシップ関数の値 α_i を求め、指令射出速度 V C i を増減させるようにしてもよい。

【0056】

【発明の効果】本発明は、複数回の射出成形によって簡単に射出速度指令パターン及び射出圧力指令パターンを得ることができる。しかも、金型や樹脂の種類によって異なる制御対象に対して、制御系が不安定となる箇所に対してゲインを低下させる等の非線形のゲインを設定する代わりに、制御系が不安定となる箇所に対して速度指令を低下させることによって対応したから、制御系のゲインを変更させる必要がなく、かつ、この制御系のゲインも従来の制御系と比較し、大きくすることができ、追従精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の射出制御方法を実施する一実施例の電動式射出成形機の要部ブロック図である。

【図 2】同実施例におけるサーボモータ制御系のブロック図である。

【図 3】同実施例における射出速度指令パターン及び射出圧力指令パターンを得る処理のフローチャートの一部である。

10

20

30

40

50

【図 4】同フローチャートの続きである。

【図 5】同実施例において、メモリに設けられるファイルの説明図である。

【図 6】樹脂圧を検出する実験における圧力センサの取り付け位置を説明する説明図である。

【図 7】射出速度のクローズドループ制御を行って得られた射出速度、各圧力センサでの検出圧力を描画した実験結果を示す図である。

【図 8】射出圧力のクローズドループ制御を行って得られた射出速度、各圧力センサでの検出圧力を描画した実験結果を示す図である。

【図 9】射出開始を起点とし各圧力センサが圧力を感知した時間遅れのばらつきを測定した実験結果を表す図である。

【図 10】再生材混合比を変えて成形を行って得られた成形品の重量のばらつきを測定した実験結果を示す図である。

【図 11】射出速度のクローズドループ制御による成形を行い検出射出圧力にピークが生じている成形の射出速度波形と射出圧力波形を示す図である。

【図 12】図 11 の射出圧力波形を編集し、ピークをとった射出圧力波形を射出圧力指令パターンとして射出圧力のクローズドループ制御を行ったときの射出速度波形と射出圧力波形を示す図である。

【図 13】射出速度一定で、20 mm/s から 60 mm/s まで 5 mm/s まで速度を増やし、射出速度のク

ーズドループ制御による成形を行ったとき射出圧力を測定した実験結果を示す図である。

【図 14】同一射出条件で射出速度のクローズドループ制御による成形を数回行って得られた射出圧力波形と各成形における射出圧力偏差を示す図である。

【図 15】図 14 から得られるメンバーシップ関数の値を示す図である。

【図 16】同一射出条件で射出速度のクローズドループ制御による成形を数回行って得られたスクリュ位置と各成形におけるスクリュ位置偏差を示す図である。

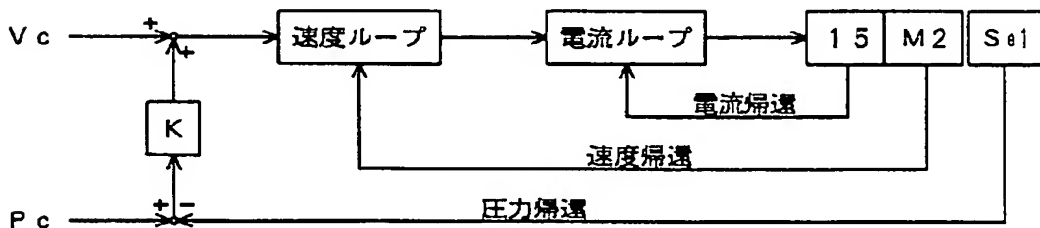
【図 17】図 16 から得られるメンバーシップ関数の値を示す図である。

【図 18】図 15 及び図 17 から得られる制御入力量としてのゲイン関数である。

【符号の説明】

- 10 制御装置
- 15 サーボアンプ
- 17 圧力モニタ用 CPU
- 20 サーボ CPU
- 24 不揮発性メモリ
- 25 CNC用 CPU
- 30 電動式射出成形機
- 35 スクリュー
- M2 射出用サーボモータ
- P2 パルスコード
- Se1 ロードセル圧力センサ

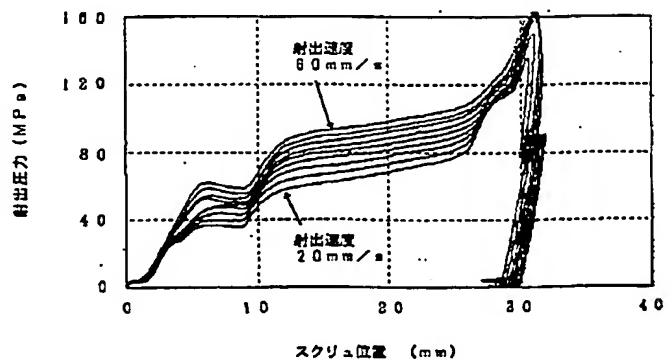
【図 2】



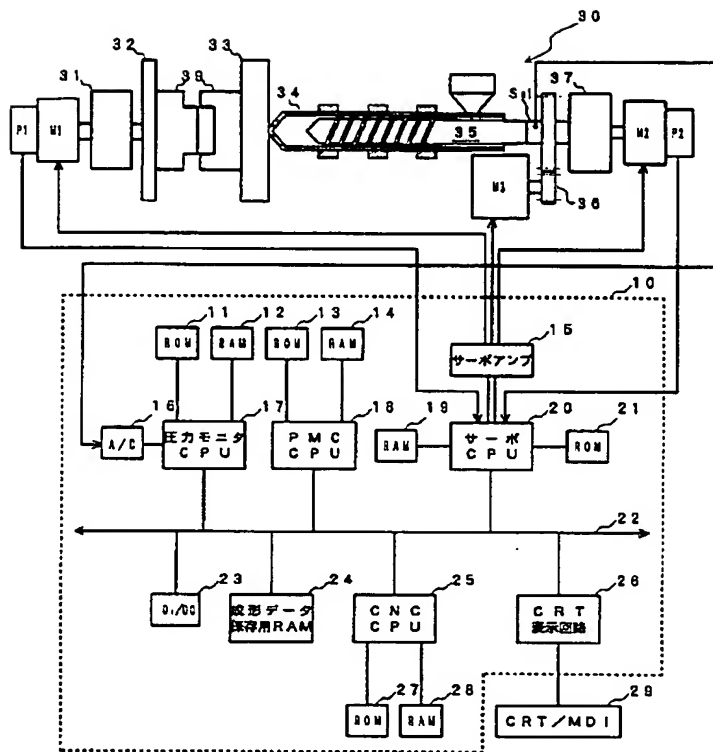
【図 5】

i	FL		FL2			
	Vc(i)	Pa(i)	Ai(AP)	αi	βi	γi
1	Vc1	Pa(1)	A1(AP)	α1	0	γ1
2	Vc2	Pa(2)	A2(AP)	α2	0	γ2
3	Vc3	Pa(3)	A3(AP)	α3	0	γ3
4	Vc4	Pa(4)	A4(AP)	α4	0	γ4
...
...
...
...
...
...
m	Vcm	Pam	Am(AP)	αm	1	1

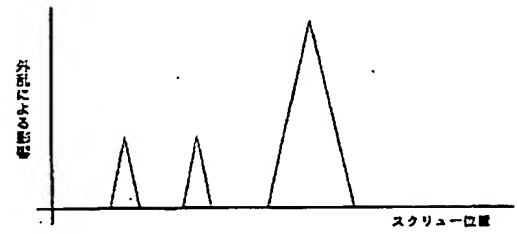
【図 13】



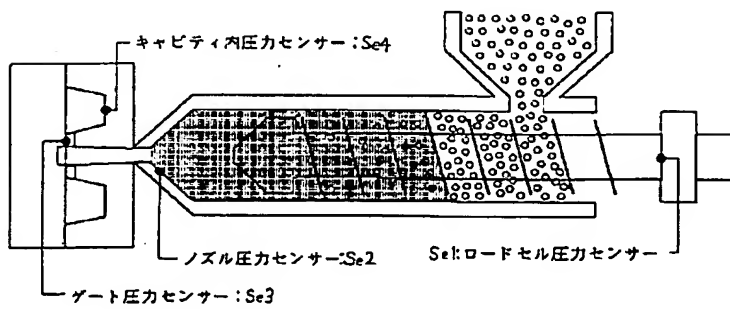
【図1】



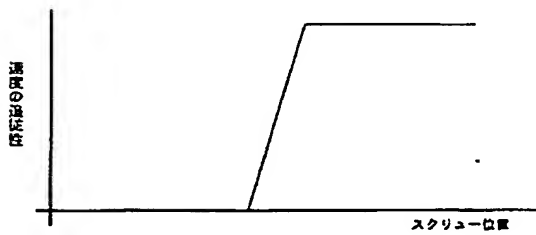
【図15】



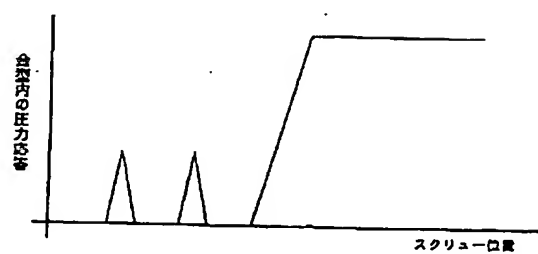
【図6】



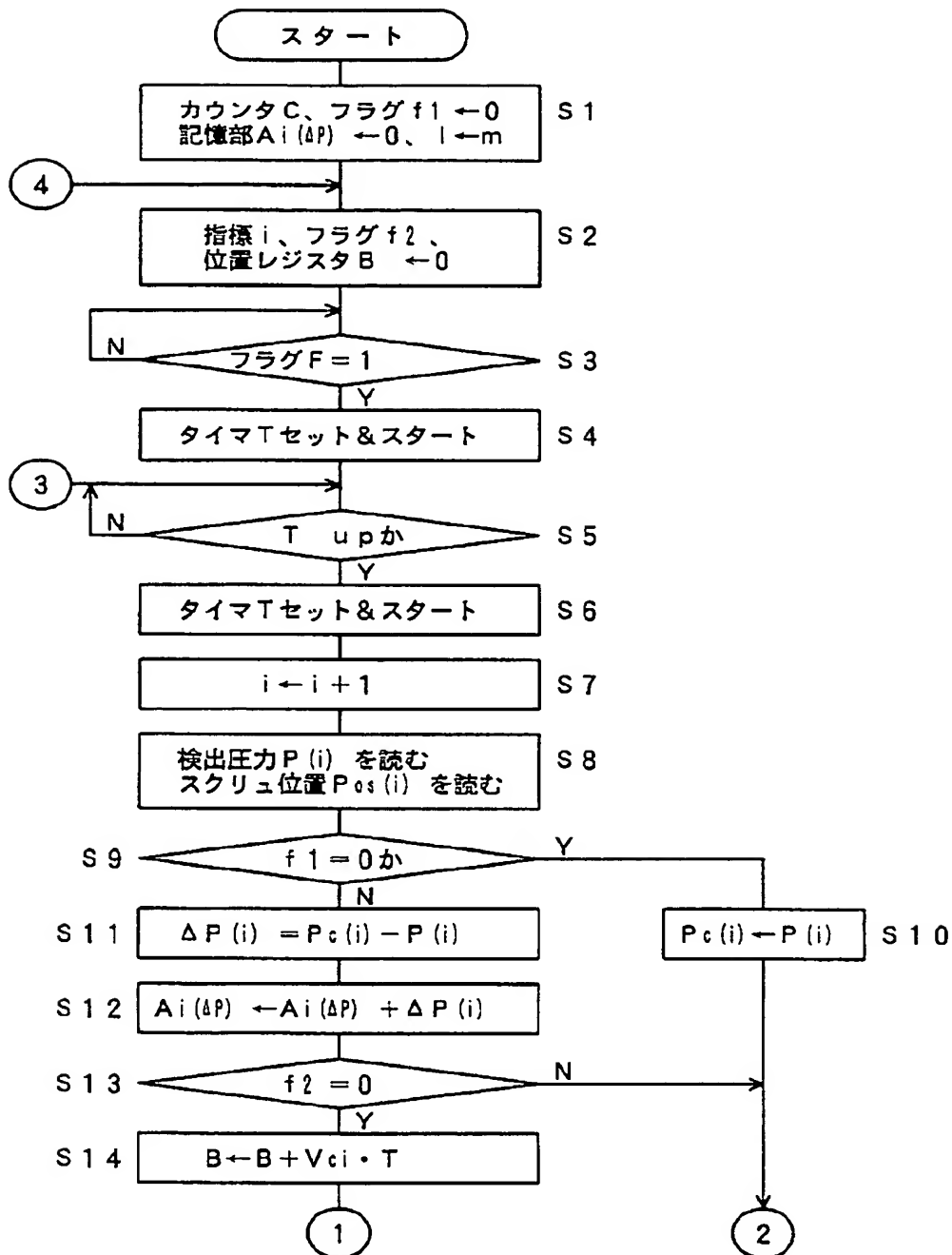
【図17】



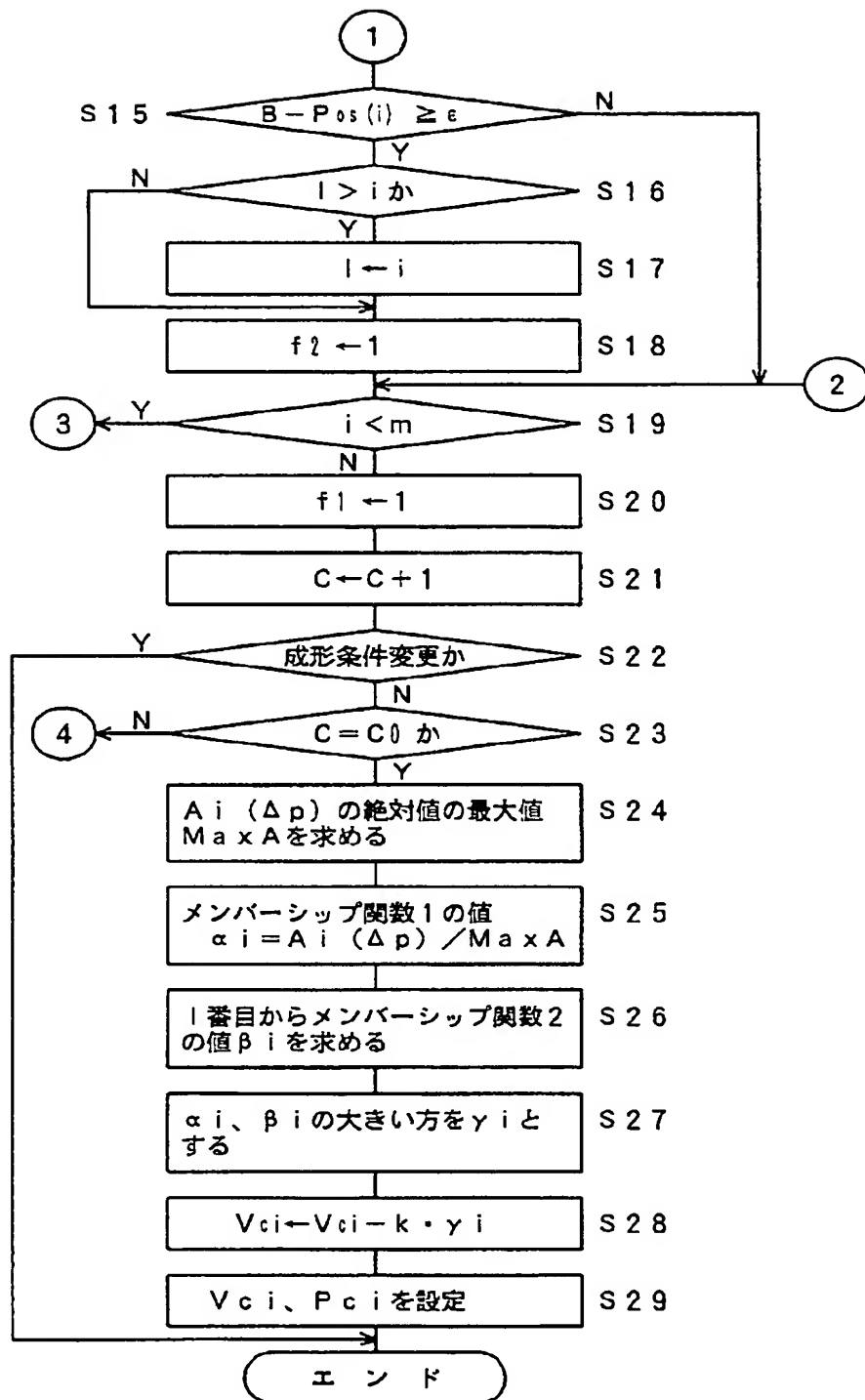
【図18】



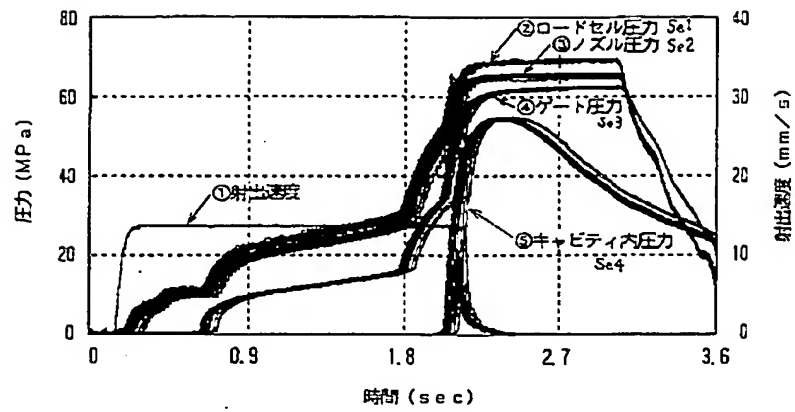
【図 3】



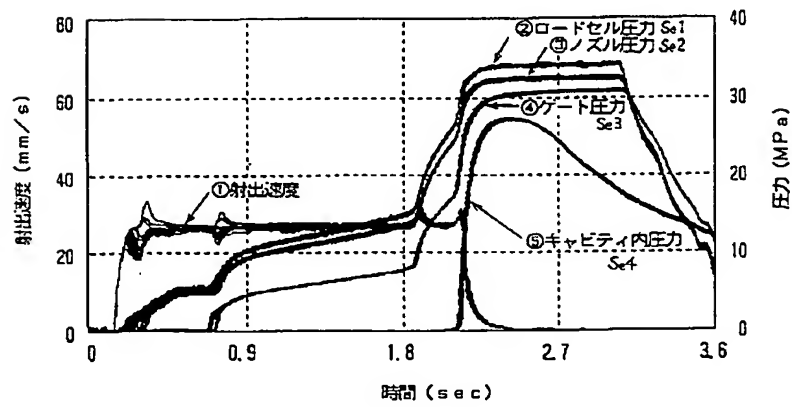
【図4】



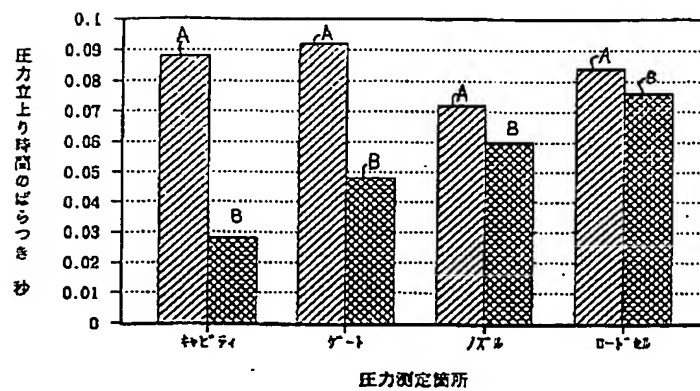
【図7】



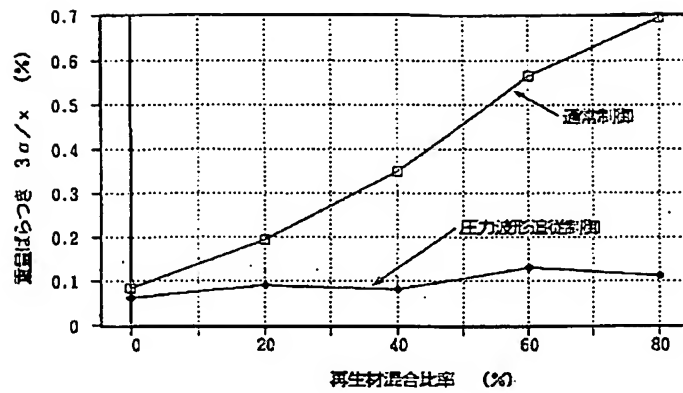
【図8】



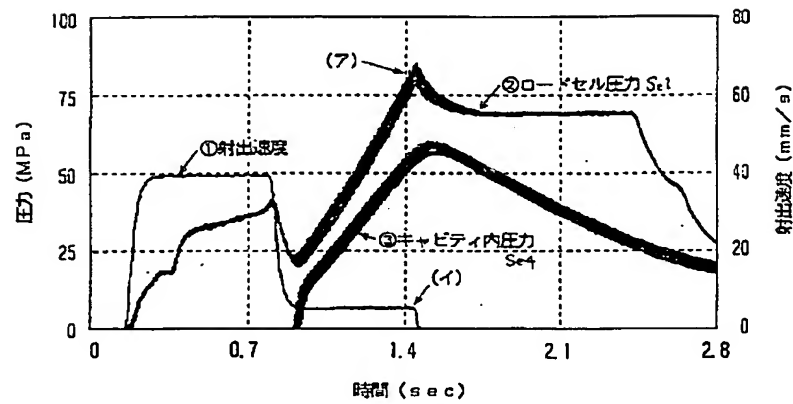
【図9】



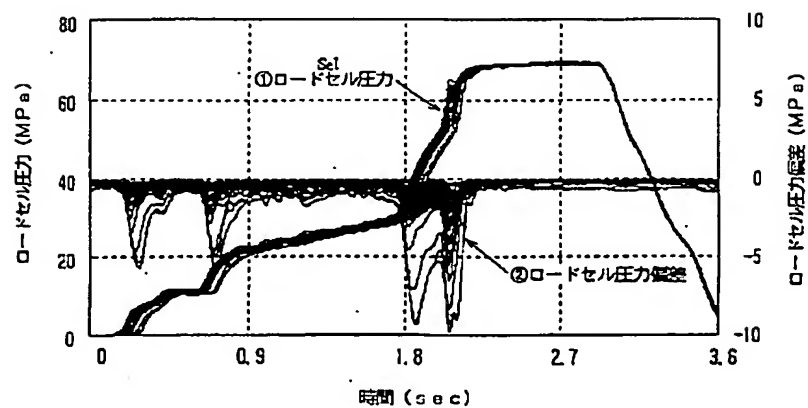
【図10】



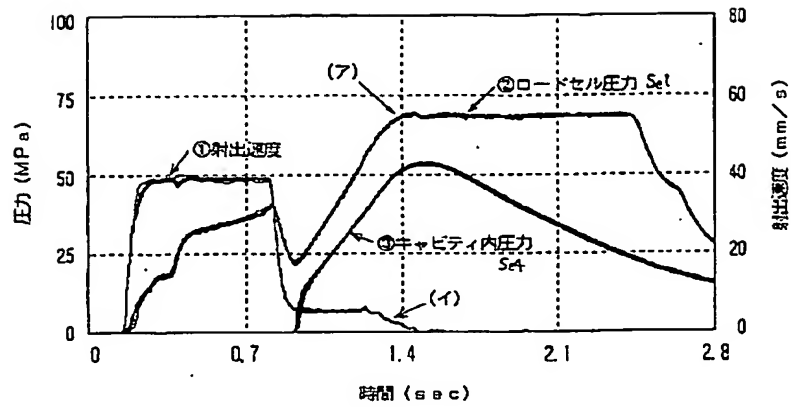
【図11】



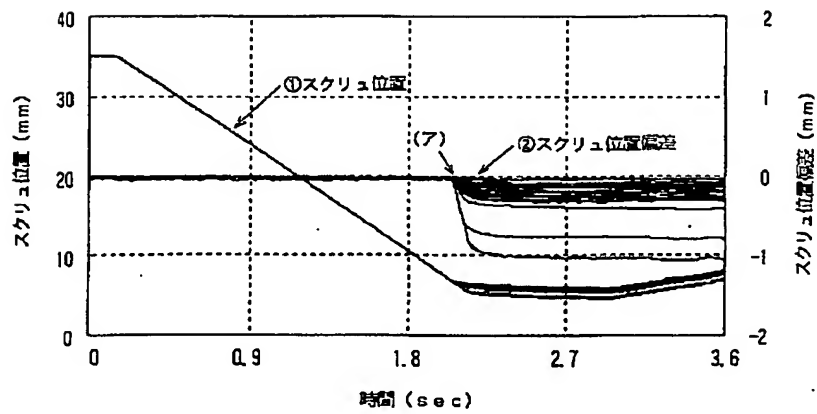
【図14】



【図12】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 根子 哲明
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番
地 ファナック株式会社内

(72)発明者 平賀 薫
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番
地 ファナック株式会社内
(72)発明者 長谷 元弘
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番
地 ファナック株式会社内

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 2 部門第 4 区分
 【発行日】平成 14 年 5 月 8 日（2002. 5. 8）

【公開番号】特開平 8-207095
 【公開日】平成 8 年 8 月 13 日（1996. 8. 13）
 【年通号数】公開特許公報 8-2071
 【出願番号】特願平 7-41432
 【国際特許分類第 7 版】

B29C 45/50
 45/77

【F I】
 B29C 45/50
 45/77

【手続補正書】
 【提出日】平成 14 年 2 月 7 日（2002. 2. 7）
 【手続補正 1】
 【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】全文
 【補正方法】変更
 【補正内容】
 【書類名】 明細書
 【発明の名称】 射出成形機の射出制御方法
 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 射出速度のフィードバック制御を行うと共に射出圧力のフィードバック制御を行う射出成形機の射出制御方法において、設定された射出速度指令パターンにより射出速度のフィードバック制御のみの射出制御による成形を行い、全射出区間の射出圧力パターンを取得し、その後 1 以上の射出速度のフィードバック制御のみの射出制御による成形を行い、上記射出圧力パターンとの射出圧力偏差を全射出区間求め、該射出圧力偏差に基づいて上記射出速度指令パターンを修正し、該修正した射出速度指令パターンを上記射出速度のフィードバック制御における射出速度指令パターンとし、上記取得した射出圧力パターンを射出圧力のフィードバック制御の射出圧力指令パターンとすることを特徴とする射出成形機の射出制御方法。

【請求項 2】 射出速度のフィードバック制御を行うと共に射出圧力のフィードバック制御を行う射出成形機の射出制御方法において、設定された射出速度指令パターンにより射出速度のフィードバック制御のみの射出制御による成形を行い、全射出区間の射出圧力パターンを取得し、その後 1 以上の射出速度のフィードバック制御のみの射出制御による成形を行い、スクリュの指令位置と実際の位置との位置偏差増大点を求め、該位置偏差増大点に基づいて上記射出速度指令パターンを修正し、該修正した射出速度指令パターンを上記射出速度のフィードバック制御における射出速度指令パターンとし、上記取

得した射出圧力パターンを射出圧力のフィードバック制御の射出圧力指令パターンとすることを特徴とする射出成形機の射出制御方法。

【請求項 3】 射出速度のフィードバック制御を行うと共に射出圧力のフィードバック制御を行う射出成形機の射出制御方法において、設定された射出速度指令パターンにより射出速度のフィードバック制御のみの射出制御による成形を行い、全射出区間の射出圧力パターンを取得し、その後 1 以上の射出速度のフィードバック制御のみの射出制御による成形を行い、上記射出圧力パターンとの射出圧力偏差を全射出区間求めると共に、スクリュの指令位置と実際の位置との位置偏差増大点を求め、該射出圧力偏差と位置偏差増大点に基づいて上記射出速度指令パターンを修正し、該修正した射出速度指令パターンを上記射出速度のフィードバック制御における射出速度指令パターンとし、上記取得した射出圧力パターンを射出圧力のフィードバック制御の射出圧力指令パターンとすることを特徴とする射出成形機の射出制御方法。

【請求項 4】 上記位置偏差増大点より以後の所定区間に亘って所定比率で増大させ、その後一定とした値に基づいて射出速度指令パターンを修正する請求項 2 若しくは請求項 3 記載の射出成形機の射出制御方法。

【請求項 5】 上記射出圧力偏差による射出速度指令パターンの修正は得られた射出圧力偏差の最大値と該射出圧力偏差に基づいて行う請求項 1、請求項 3 若しくは請求項 4 記載の射出成形機の射出制御方法。

【請求項 6】 上記射出圧力偏差は、複数回の成形によって得られる射出圧力偏差の積算値である請求項 1、請求項 3、請求項 4 若しくは請求項 5 記載の射出成形機の射出制御方法。

【請求項 7】 上記射出圧力偏差の積算値は、各成形における射出圧力偏差の絶対値を積算したものである請求項 6 記載の射出成形機の射出制御方法。

【請求項 8】 上記位置偏差増大点は複数回の成形によ

って得られる位置偏差増大点の最小スクリュ前進位置とする請求項2、請求項3若しくは請求項4記載の射出成形機の射出制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、射出成形機の射出制御方法に関する。特に、射出速度のフィードバック制御を行うと共に射出圧力のフィードバック制御を行う射出制御における射出速度指令パターン、射出圧力指令パターンを簡単に得ることができる射出制御方法を提供することにある。

【0002】

【従来の技術】射出成形機の射出制御は、従来スクリュ位置に対するスクリュの射出速度（前進速度）を制御することによって行われることが一般的であった。しかし、成形品の良否は射出速度の影響よりも射出圧力、即ち樹脂の流動圧力の影響の方が大きい。そこで、射出圧力を検出し、該射出圧力が設定値と一致するように圧力のフィードバック制御を行う射出制御方法が開発されている（特開平3-58821号公報参照）。さらには、射出中の射出圧力を検出し、この射出圧力パターン（波形）を編集し、編集された圧力パターンを目標値として圧力のフィードバック制御を行って射出制御を行う方法も、例えば国際公開公報WO92/11994号等で公知である。

【0003】また、射出制御を射出速度のフィードバック制御と圧力のフィードバック制御を行う制御も本願出願人によって特願平6-124742号によって提案されている。この射出速度制御と圧力制御を同時に行う方法は、設定圧力パターンと一致するように速度指令を修正しながら、設定射出圧力パターンと実際の射出圧力波形が一致するまで行い繰り返し射出速度、射出圧力制御を行い、設定射出圧力パターンと実際の射出圧力波形が一致した段階で良成形品が得られなければ、再度設定射出圧力パターンを修正し、この修正した設定射出圧力パターンに基づいて、前述同様の射出速度指令を修正しながら射出速度、射出圧力制御を行い、良成形品が得られる設定射出圧力パターン及び速度指令を得るものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述した射出圧力のフィードバック制御では、設定された射出圧力とセンサで検出した射出圧力よりその圧力偏差を求め、該偏差に基づいてPID（比例、積分、微分）制御がなされるものであるが、最適な設定圧力（圧力パターン）を求め設定することが難しく、金型が変わる毎にこの難しい最適圧力パターンを設定する作業が必要になる。さらに、このフィードバック制御のPIDパラメータ（ゲイン）は一度設定されると変更されるものではなく、制御対象（金型）が変わっても変更されないことから制御自体はかわ

らず、最適な制御が難しいという問題がある。

【0005】また、上述した射出速度と射出圧力のフィードバック制御を行う方法においても、最適な目標値となる射出圧力パターン、速度指令等の射出条件を得ることに時間を要するという問題がある。

【0006】そこで、本発明は、射出速度と射出圧力のフィードバック制御を行う方法において、簡単に最適射出条件を得ることができる射出制御方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、射出速度のフィードバック制御を行うと共に射出圧力のフィードバック制御を行う射出成形機の射出制御方法に適用されるもので、まず、設定された射出速度指令パターンにより射出速度のフィードバック制御のみの射出制御による成形を行い、全射出区間の射出圧力パターンを取得する。その後1以上の射出速度のフィードバック制御のみの射出制御による成形を行い、上記射出圧力パターンとの射出圧力偏差（複数回の成形を行う時には射出圧力偏差の積算値）を全射出区間求める。該射出圧力偏差（若しくは射出圧力偏差の積算値）に基づいて上記射出速度指令パターンを修正し、該修正した射出速度指令パターンを上記射出速度のフィードバック制御における射出速度指令パターンとし、上記取得した射出圧力パターンを射出圧力のフィードバック制御の射出圧力指令パターンとする。

【0008】また、射出圧力パターンとの射出圧力偏差を求める際に、スクリュの指令位置と実際の位置との位置偏差増大点を求める。複数回の成形を行うときには複数回の成形によって得られる位置偏差増大点の最小スクリュ前進位置をこの位置偏差増大点とする。そして、上記該射出圧力偏差（若しくは射出圧力偏差の積算値）と位置偏差増大点に基づいて上記射出速度指令パターンを修正し、該修正した射出速度指令パターンを上記射出速度のフィードバック制御における射出速度指令パターンとし、上記取得した射出圧力パターンを射出圧力のフィードバック制御の射出圧力指令パターンとする。

【0009】さらには、上記該射出圧力偏差と位置偏差増大点を求め、この位置偏差増大点と上記射出圧力偏差に基づいて上記射出速度指令パターンを修正する。

【0010】また、射出速度指令パターンの修正は得られた射出圧力偏差の最大値で射出圧力偏差を除した値に基づいて行う。さらに、位置偏差増大点より以後の所定区間所定比率で増大させた値に基づいても射出速度指令パターンを修正して、射出速度のフィードバック制御と射出圧力のフィードバック制御を行う射出制御の射出速度指令パターンとする。

【0011】

【作用】射出速度のフィードバック制御のみで射出制御を行う成形を行い、そのとき全射出区間の射出圧力パ

ーンを取得する。次に、射出速度のフィードバック制御のみの射出制御による成形を行い、上記射出圧力パターンとの射出圧力偏差（複数回の成形を行う時には射出圧力偏差の積算値）を全射出区間求める。さらには、スクリュの指令位置と実際の位置との位置偏差増大点（複数回の成形を行うときには複数回の成形によって得られる位置偏差増大点の最小スクリュ前進位置）を求める。射出圧力偏差が生じるということは、その位置において樹脂の流路が狭くなり樹脂の流動状態が変わって、制御系が不安定になっていることを意味する。このような位置においては、制御系のゲインを下げ制御系の安定化を図る必要があるが、本発明はゲインを低下させる代わりに、射出速度指令を低下させることによって対応させる。そのために、射出圧力偏差（若しくは射出圧力偏差の積算値）に応じて射出速度指令パターンを修正（指令射出速度の低下）する。また、位置偏差が増大することは、樹脂が金型内に充填され、スクリュの前進が止まり、速度指令に対する追従性が悪くなったことを意味する。この段階では、速度の応答性はほとんど必要なく、制御系のゲインを低下させればよいが、本発明は、ゲインの低下の代わりに、この場合にも射出速度指令を低下させることによって対応する。その結果、射出圧力偏差に伴う射出速度指令の低下、又は位置偏差増大点以降の射出速度指令の低下を行わせることによって、さらには、この射出圧力偏差に伴う射出速度指令の低下と位置偏差増大点以降の射出速度指令の低下とを行わせることによって、制御系が不安定となる位置において制御系のゲインを低下させたことと等しくなる射出速度指令の低下の補正を行う。そして、この補正された射出速度指令パターンを射出速度のフィードバック制御の射出速度指令パターンとし、最初の成形によって得られた射出圧力パターンを射出圧力のフィードバック制御の射出圧力指令のパターンとすることによって、射出速度のフィードバック制御と射出圧力のフィードバック制御を行えば、安定した射出制御が可能となる。

【0012】

【実施例】従来、スクリュ位置に基づいてスクリュの射出速度を設定し、射出制御をスクリュの射出速度制御によって行い、成形された成形品の良否は、その成形時に得られた射出圧力（樹脂圧力、樹脂の流動圧力）波形によって判別し、その判別結果に基づいて射出速度が調整され、良成形品を得るように成形条件出しが行われているが、これは、スクリュの射出速度と射出圧力が何等かの相関を有しているということを前提としている。

【0013】しかし、スクリュの射出速度は、せいぜい溶融樹脂の1次元の流動を示しているものに過ぎず金型内の3次元の流動を示しているものではなく、そのため、スクリュの射出速度が溶融樹脂の流動圧力（射出圧力）に完全に比例するものではない。図6に示すように、スクリュ35の基部に該スクリュ35の軸方向に作

用する樹脂圧力（射出圧力）を検出するロードセル圧力センサSe1を取り付け、さらに、シリンダ34のノズル部に該ノズル部の樹脂圧力を検出するノズル圧力センサSe2を、金型39のゲート部に該ゲート部の樹脂圧力を検出するゲート圧力センサSe3を、また製品の終端部にキャビティ内圧センサSe4を取り付けておき、スクリュの射出速度をフィードバック制御した射出を100ショット行い、その時の射出速度、及び各センサで圧力を検出する実験を行った。このとき得られた100ショット分の各検出値を重て描画した図が図7である。この図7から明らかのように、フィードバック制御されている射出速度は各ショットに変動がなく、正確に制御されている。しかし、樹脂圧を検出する各センサSe1～Se4からの検出圧力波形はどの観測点においても帯状となりバラツキがあることがわかる。

【0014】このことは、フィードバック制御によりスクリュの射出速度は正確に設定速度を再現するように制御されているが、該スクリュの移動によって発生する溶融樹脂の流動速度に伴って各センサ部で発生する樹脂圧は直接制御されていないことに起因して検出圧力波形がばらついているものと判断される。また、スクリュの先端には逆流防止リングがあり、射出時にこのリングの動作を直接制御できないことに起因しているものと想定できる。さらに、実際に流動する樹脂は可塑化の不安定さによる温度むらや粘度むらによってその流動抵抗が変化することから、スクリュ速度が一定でも各センサで検出される樹脂圧が変動するものと想定できる。

【0015】一方、良成形品が得られたときの圧力波形を射出圧力指令パターンとして圧力のフィードバック制御（ロードセル圧力センサSe1で検出される樹脂圧が射出圧力指令パターンと一致するように制御）したときに検出されるスクリュの射出速度、各センサSe1～Se4で検出される樹脂圧を100ショット分重書きしたものが図8である。各圧力センサSe1～Se4で検出される樹脂圧は、ばらつきがなく安定しているが、射出速度にはばらつきが生じていることがわかる。

【0016】以上のように、射出速度をフィードバック制御すれば、樹脂圧力にバラツキが生じ、逆に樹脂圧力をフィードバック制御すれば、射出速度にばらつきが生じることがわかる。また、射出開始を起点として、各センサSe1～Se4で樹脂圧が感知される時間を測定しそのばらつきを求めると、図9にグラフで示す結果が得られた。図9において、Aは射出速度のフィードバック制御を行ったときで、Bは圧力のフィードバック制御を行ったときのばらつきを示すものである。この図9からわかるように、射出速度制御では、樹脂が各センサの位置に到着するまでの時間のばらつきが最後まで影響していることに対して、圧力制御では、樹脂が金型内に流動するにしがって到着時間のばらつきが少なくなっていることがわかる。このことから、速度制御より圧力制

御の方が優れていることがわかる。

【0017】また、図10は再生樹脂の混合比率に対する成形品の重量のばらつきを測定した実験結果を示す図である。射出速度のフィードバック制御により射出制御を行ったときと、樹脂圧のフィードバック制御により射出制御を行ったときの実験結果である。速度制御より樹脂圧制御の方が成形品の重量にばらつきが少なく圧力制御の方が射出制御としては勝っていることがわかる。

【0018】しかし、スクリュ位置と金型のキャビティ内の樹脂充填位置の関係が想定しやすいことから、スクリュ位置による射出速度の設定は比較的容易ではあるが、樹脂圧を決定づける樹脂の流動抵抗を想定することが難しくスクリュ位置に基づく樹脂圧を設定することは難しい。一方、前述したように、射出速度と射出圧（樹脂圧）の関係は相関を有しており、また、例えば、射出速度のフィードバック制御で射出制御を行ったとき図11に示すような圧力波形（センサSe1、Se4で検出される圧力波形）が得られ、この圧力波形で（ア）で示されるピーク圧力がなくなるように図12に（ア）で示すように圧力波形を編集し、この圧力波形パターンを射出圧力指令パターンとして圧力のフィードバック制御を行ってみると、射出速度は図11で（イ）で示されるピーク圧発生時の射出速度が、図12での（イ）で示されるように変化したものが得られた。このことは、射出圧力指令パターンを修正すればそれに伴って射出速度も変化すること、逆に射出速度を変えれば射出圧力波形も変化することを示している。

【0019】そこで、射出速度を20mm/sから60mm/sまでを5mm/sずつ速度を増加して射出速度一定の速度フィードバック制御の射出制御を行い、ロードセル圧力センサSe1で検出される射出圧力をスクリュ位置に基づいて求めると図13に示されるような結果を得た。この図13から、射出速度が早いほど射出圧力は高くなること、また、全ての区間で射出速度が一定でも圧力の変化が一応ではなく、射出速度と射出圧は非線形の関係にあることがわかる。

【0020】そこで、射出圧力を射出速度で制御しようとする、上述したことから、次のことを考慮する必要がある。

（1）充填初期では金型内を樹脂が流動しながら充填する流動充填状態なので、この段階での圧力制御には高い応答性が必要である。

（2）金型内の樹脂流路が狭くなる部分では、樹脂が圧縮されるため、小さい速度変化でも大きな圧力変化として現れる。このため、余り応答性がよいと逆に発振してしまい制御系が不安定となる。

（3）充填後期は、樹脂の冷却収縮を補うための圧縮充填工程となる。この工程では樹脂流動はほぼ止まり収縮を補うために加えられた力は、圧縮損失がない状態で検出されることになり、速度の応答性はほとんど必要がない。

い。

【0021】以上のような速度と圧力の非線形の関係の知識を利用して制御系を構築するには、制御系を線形的に近似できる区間に分類し、各区間で最適な制御ゲインを求めて制御するゲインスケジュール方式が適用できるが、射出成形においては成形する樹脂の要因や、金型の要因に依存する部分が多く、これらの要因は成形される製品が異なれば変化することになり、製品毎に上記線形制御区間及びゲインを見直さねばならず、ゲインスケジュール方式を適用することは難しい。

【0022】そこで、本発明は、射出速度制御と射出圧力制御をおこなうと共に、上述した射出速度と射出圧の非線形の関係に対してファジィ制御を適用することによって解決した。

【0023】射出工程において最適な圧力制御を行うには上述したように、金型内の樹脂流動変換点、金型内の樹脂充填率を知り、最適な射出速度もしくは射出圧力を設定する必要がある。そのために、本実施例においては、まず、当該金型による成形において適当と予想される射出速度をスクリュ位置に基づいて設定し、射出速度のフィードバック制御で射出制御を行って複数回の試しショットを行う。そして、時系列にショット間における圧力偏差を求める。図14は、ロードセル圧力センサSe1によりこのようにして求めたショット間の圧力偏差（図14の㉔）と、該ロードセル圧力センサSc1で検出された射出圧（図14の㉓）の検出例である。

【0024】図14において、圧力偏差の大きなピークが3か所に生じばらついているが、この圧力偏差が大きく現れていることは、この点で速度制御でのフィードバック補償が難しい外乱に弱い部分であり、金型内での流路が狭く変化している部分に相当するものと推定できる。その結果、図15に示すように、スクリュ位置に基づく、外乱による影響（金型形状による影響）に対するファジィ制御におけるメンバーシップ関数の値を得ることができる。

【0025】さらに、上記複数回のショット時に、スクリュ位置と時間の関係を検出し、ショット間の位置偏差を求める。図16は求められたスクリュ位置（㉑）と各ショットの位置偏差（㉒）をグラフ表示したものである。図16の（ア）の部分から位置偏差が生じ、かつその位置偏差はバラツキが生じていることがわかる。これは、充填完了近傍で速度追従が出来なくなったため、もしくは保圧制御のため速度が変化しばらついたものと判断される。この図16から、樹脂の充填率即ち速度追従性のメンバーシップ関数の値を図17に示すように獲得することができる。

【0026】図15に示すメンバーシップ関数の値は流動変換点における流動抵抗に起因するものであり、この点においては前述したように制御系のゲインを落し（ゲインを落とせば圧力偏差のばらつきも少なくなる）制御

系を安定にする必要がある。また、図 17 に示すメンバーシップ関数の値は、樹脂の充填率の影響を示すものであり、前述したように速度の応答性は非常に少なくてよいものであり、ゲインを低下させることを意味する。その結果、上記 2 つのメンバーシップ関数より制御対象へ入力する制御入力量を求める。即ちこの場合、ゲインの低下量を求める。通常ファジィ制御においては、メンバーシップ関数の値の小さい方を採用するが、本発明においては、ゲインを低下させる度合いであることから、メンバーシップ関数の値の大きい方をとる。その結果、図 18 に示すようなゲイン関数（金型内圧力応答）を得る。この図 18 を用いて、ゲインを調整し、非線形のフィードバック制御を組むことも可能であるが、フィードバック制御パラメータの調整が難しいことから、本発明においては、圧力のフィードバック制御と共に射出速度のフィードバック制御を行い、上記図 18 に基づくゲイン関数を速度指令に重畳させることによって制御する。即ち、図 18 に示すゲイン関数に基づきこの関数分（メンバーシップ関数の値）に対応する分、速度指令を減少させる。速度指令を減少させれば、実質的にゲインを低下させたことと等しくなり、かつ速度を低下させれば、射出圧力も低下することから、金型内の樹脂流動変換点や樹脂充填完了近傍における圧力や位置の変動を防止させることができる。

【0027】図 2 は上述した方法により補正された速度指令による速度フィードバック制御と、射出圧力指令パターンによる射出圧力のフィードバック制御を実施する射出用サーボモータの駆動制御系のブロック図である。所定周期毎の補正された速度指令 V_c に、その時点でロードセル圧力センサ S_{e1} により検出されている検出射出圧力と射出圧力指令 P_c との間の偏差に所定の比例ゲイン K を乗じた値を加算して速度フィードバック制御への速度指令とし、従来と同様の速度フィードバック処理を行い、さらに従来と同様に電流フィードバック制御を行ってサーボアンプ 15 を介して射出用サーボモータ M_2 を駆動することによって、ロードセル圧力センサ S_{e1} により検出される射出圧力が射出圧力指令 P_c に一致するように速度制御を行うものである。

【0028】図 1 は、上述した方法による本発明の一実施例を実施する電動式射出成形機 30 の要部を示すブロック図であり、符号 33 は固定側金型 39 が取付けられた固定プラテン、符号 32 は可動側金型 39 が取付けられた可動プラテン、符号 34 は射出シリンダ、符号 35 はスクリューである。可動プラテン 32 は、型締め用サーボモータ M_1 の軸出力により、ボールナット & スクリューやトグル機構等から成る型締め機構 31 を介し、射出成形機 30 のタイバー（図示せず）に沿って移動される。また、スクリュー 35 は、駆動源の軸回転を射出軸方向の直線運動に変換するための駆動変換装置 37 を介して射出用サーボモータ M_2 により軸方向に駆動され、

また、歯車機構 36 を介してスクリュー回転用サーボモータ M_3 により計量回転されるようになっている。スクリュー 35 の基部にはロードセル圧力センサ S_{e1} が設けられ、スクリュー 35 の軸方向に作用する樹脂圧力、即ち、射出工程における射出圧力や計量混練り工程におけるスクリュー背圧が検出される。射出用サーボモータ M_2 にはスクリュー 35 の位置や移動速度を検出するためのパルスコード P_2 が配備され、また、型締め用サーボモータ M_1 には、可動プラテン 32 を駆動する型締め機構 31 のトグルヘッドの位置を検出するためのパルスコード P_1 が配備されている。

【0029】射出成形機 30 を駆動制御する制御装置 10 は、数値制御用のマイクロプロセッサである CNC 用 CPU 25、プログラブルマシンコントローラ用のマイクロプロセッサである PMC 用 CPU 18、サーボ制御用のマイクロプロセッサであるサーボ CPU 20、および、ロードセル圧力センサ S_{e1} と A/D 変換器 16 を介して射出圧力やスクリュー背圧のサンプリング処理を行うための圧力モニタ用 CPU 17 を有し、バス 22 を介して相互の入出力を選択することにより各マイクロプロセッサ間での情報伝達が行えるようになっている。

【0030】PMC 用 CPU 18 には射出成形機のシーケンス動作を制御するシーケンスプログラム等を記憶した ROM 13 および演算データの一時的記憶等に用いられる RAM 14 が接続され、CNC 用 CPU 25 には、射出成形機 30 を全体的に制御するプログラム等を記憶した ROM 27 および演算データの一時的記憶等に用いられる RAM 28 が接続されている。

【0031】また、サーボ CPU 20 および圧力モニタ用 CPU 17 の各々には、サーボ制御専用の制御プログラムを格納した ROM 21 やデータの一時的記憶に用いられる RAM 19、および、成形データのサンプリング処理等に関する制御プログラムを格納した ROM 11 やデータの一時的記憶に用いられる RAM 12 が接続されている。更に、サーボ CPU 20 には、該 CPU 20 からの指令に基いてエジェクタ用（図示せず）、型締め用、射出用およびスクリュー回転用等の各軸のサーボモータを駆動するサーボアンプ 15 が接続され、型締め用サーボモータ M_1 に配備したパルスコード P_1 および射出用サーボモータ M_2 に配備したパルスコード P_2 からの出力の各々がサーボ CPU 20 に帰還され、パルスコード P_1 からのフィードバックパルスに基いてサーボ CPU 20 により算出された型締め機構 31 のトグルヘッドの現在位置や、パルスコード P_2 からのフィードバックパルスに基いてサーボ CPU 20 により算出されたスクリュー 35 の移動速度およびその現在位置が、RAM 19 の現在位置記憶レジスタおよび現在速度記憶レジスタの各々に逐次更新記憶される。

【0032】インターフェイス 23 は射出成形機の各部に配備したリミットスイッチや操作盤からの信号を受信

したり射出成形機の周辺機器等に各種の指令を伝達したりするための入出力インターフェイスである。ディスプレイ付手動データ入力装置 29 は CRT 表示回路 26 を介してバス 22 に接続され、グラフ表示画面や機能メニューの選択および各種データの入力操作等が行えるようになっており、数値データ入力用のテンキーおよび各種のファンクションキー等が設けられている。

【0033】不揮発性メモリ 24 は射出成形作業に関する成形条件（射出条件、計量混練り条件等）と各種設定値、パラメータ、マクロ変数等を記憶する成形データ保存用のメモリである。不揮発性メモリ 24 には、さらに補正された速度指令パターン及び射出圧力指令パターンが記憶される。

【0034】上述した構成によって、まず、使用する金型、樹脂に対して最適と思われる射出速度パターンをスクリュ位置に対応して設定し、不揮発性メモリ 24 に記憶させる。最適と思われる射出速度パターンとは、使用する金型、樹脂と類似するような金型、樹脂によって良成形品を得たときの設定射出速度パターン等を参考にし、適していると思われる修正を加えながら設定する。

【0035】そして、複数回の捨てショットを行った後、射出速度パターン、射出圧力パターン設定指令を入力すると、制御装置 10 は射出速度パターン、射出圧力パターンを得るための成形動作を開始する。射出工程になると CNC 用 CPU 25 は設定された所定周期毎射出速度パターンを読みだし当該周期の速度指令 V_{ci} をサーボ CPU 20 に出力し、サーボ CPU 20 は、図 2 において、圧力のフィードバック制御を除去した処理を開始する。即ち、上記速度指令 V_{ci} とパルスコード P2 で検出されフィードバックされるサーボモータの実速度に基づいて従来と同様の速度フィードバック処理を行いトルク指令を求め、このトルク指令と電流検出器（図示せず）で検出される駆動電流のフィードバック信号に基づいて従来と同様の電流フィードバック制御を行ってサーボアンプ 15 を介して射出用サーボモータ M2 を駆動する。

【0036】一方、圧力モニタ用 CPU 17 は、射出速度パターン、射出圧力パターン設定指令が入力されると、図 3、図 4 に示す処理を開始し、まず、カウンタ C、フラグ f1、射出開始から射出、保圧が完了するまでのサンプリング周期の数 m だけ用意されている記憶部 $A_i(\Delta P)$ （ただし $i=1 \sim m$ である）を「0」にセットし、かつ、上記サンプリング周期の数 m をレジスタ I にセットする（ステップ S1）。なお、上記サンプリング周期は CNC 用 CPU 25 が速度指令を出力する周期と同一である。

【0037】次に、指標 i、フラグ f2、指令スクリュ位置を求めるレジスタ B を「0」にセットし（ステップ S2）、射出中を示すフラグ F が「1」にセットされているか否か判断し、該フラグが「1」にセットされるま

で待受する（ステップ S3）。なお、フラグ F は PMC 用 CPU 18 がシーケンスプログラムに従って CNC 用 CPU 25 に射出開始指令を出力したときにセットされるフラグであり、CNC 用 CPU 25 が射出工程の処理を完了した時点でリセットされるようになっている。フラグ F の初期値はリセット状態の 0 である。

【0038】上記射出中を示すフラグ F が「1」にセットされると、タイマ T に上記サンプリング周期をセットしスタートさせ、該タイマ T がタイムアップするのを待つ（ステップ S4、S5）。タイマ T タイムアップすると、再び該タイマ T に上記サンプリング周期をセットしてスタートさせると共に、指標 i をインクリメントし、ロードセル圧力センサ Se1 から A/D 変換器 16 を介して検出される射出圧力及び、サーボ CPU 20 の RAM 内の現在値記憶レジスタに記憶されているスクリュの現在位置を、該指標 i で示されるサンプリング周期の検出圧力 $P(i)$ 、及びスクリュ位置 $Pos(i)$ として読み取る（ステップ S6、S7、S8）。

【0039】そして、フラグ f1 が「0」か否か判断し、最初はステップ S1 で「0」にセットされているからステップ S10 に移行して、RAM 12 に設けられたファイル FL2 の基準射出圧力を記憶する記憶部のアドレス i に対応する位置に上記検出圧力 $P(i)$ を基準射出圧力 $P_c(i)$ として格納する。

【0040】なお、図 5 は、ファイル FL1、FL2 の構成を説明する図であり、FL1 は不揮発性メモリ 24 に格納されるファイルで、該ファイルには上記サンプリング周期毎の設定射出速度指令 V_{ci} が各アドレスに記憶されると共に、基準射出圧力 $P_c(i)$ も各アドレス毎に記憶される。また、FL2 は、RAM 12 に設けられたファイルで、該ファイルには、各アドレス毎に、基準射出圧力 $P_c(i)$ 、後述する圧力偏差の積算値 $A_i(\Delta P)$ 、第 1、第 2 メンバシップ関数の値 α_i 、 β_i 、第 1、第 2 メンバシップ関数の値 α_i 、 β_i より求められる速度指令補正用の値（ゲイン関数） γ_i が各アドレスに記憶されるようになっている。

【0041】次に、指標 i が射出（保圧も含む）工程中のサンプリング周期毎に行われるサンプリング数 m より小さいか否か判断し（ステップ S19）、小さければ、射出保圧工程が終了していないものであるから、ステップ S5 に移行し、再びステップ S5～ステップ S10、及びステップ S19 の処理を指標 i がサンプリング数 m になるまで繰り返し実行し、基準射出圧力 $P_c(i)$ を検出しファイル FL2 に格納する。

【0042】かくして、射出、保圧工程が終了し指標 i が m に達すると、基準射出圧力 $P_c(i)$ のパターン検出処理である初回の射出工程が終了したことを示すフラグ f1 を「1」にセットし、射出工程（ショット）を計数するカウンタ C をインクリメントし（ステップ S20、S21）、成形条件変更指令が入力されているか否

か判断する(ステップS22)。ステップS22の処理は、オペレータがこの射出速度パターン、射出圧力パターン設定処理を開始させているにも拘らず、再度成形条件を変更しようとして成形条件変更指令が入力されたときに対応するためのものであり、この指令が入力されると、この処理をそのまま終了し、再度射出速度パターン、射出圧力パターン設定指令が入力されることに基づいてステップS1からの処理を開始するようになる。

【0043】また、この成形条件変更指令の入力がなければ、ステップS23に移行してカウンタCの値が予め設定されている設定値C0に達したか否かを判断し、達していなければ、ステップS2に戻り、ステップS2以下の処理を開始するが、この場合、フラグf1がすでにステップS20で「1」にセットされているから、ステップS9からステップS11に移行し、ファイルFL2に記憶された当該サンプリング周期(指標iで示される周期)に対応する基準射出圧力 $P_c(i)$ からステップS8で検出された射出圧力 $P(i)$ を減じて、当該周期における基準射出圧力 $P_c(i)$ と検出圧力 $P(i)$ の偏差 $\Delta P(i)$ を求め、該偏差 $\Delta P(i)$ をファイルFL2に設けた、当該周期の圧力偏差の積算値を記憶する記憶部Ai(ΔP)の記憶値に加算し、当該記憶部に記憶する(ステップS11、S12)。

【0044】次に、位置偏差増大点検知を記憶するフラグf2が「0」か否かを判断し(ステップS13)、最初はステップS2で「0」にセットされているから、ステップS14に移行して、当該周期の速度指令 $V_c i$ にサンプリング周期Tを乗じスクリュ指令位置を求めるレジスタBに加算する。図7、図16に示すように射出速度のフィードバック制御を行っているときは金型内への樹脂の充填率が低い初期の段階ではスクリュ位置は指令に完全に追従するから、各サンプリング周期の速度指令値 $V_c i$ にサンプリング周期Tを乗じた値を加算すれば、速度指令により指令されたスクリュ位置が求められる。そして、このレジスタBに記憶されるスクリュ指令位置からステップS8で検出される現在のスクリュ位置を減じて位置偏差を求め、該位置偏差が設定値 ϵ 以上か否かを判断する(ステップS15)。射出開始の初期の状態では金型内への樹脂の充填率は低く、この状態では図16に示すようにスクリュは指令どおりに追従するから位置偏差は設定値 ϵ より小さい。このときは、ステップS19に移行し、指標iがmに達しているか否かを判断し達していなければステップS5に移行して、ステップS5～S9、S11～S15、S19の処理を繰り返し行い、各記憶部Ai(ΔP)に圧力偏差を積算し、位置偏差が設定値 ϵ 以上か否かを判断する。

【0045】樹脂が金型内に充填されその充填率が高まり、図16に示すように、指令されたスクリュ位置と実際のスクリュ位置とずれが生じその位置偏差($B-P_o s(i)$)が設定値 ϵ 以上になると、ステップS15か

らステップS16に移行し、その時の指標iがレジスタIに記憶する値(この初期値はステップS1でmにセットされている)より小さいか否かを判断し、小さければ、該レジスタIに指標iの値を格納し(ステップS17)、フラグf2を「1」にセットし(ステップS18)、指標iがmより小さければ、再びステップS5に戻り、前述したステップS5以下の処理を実行する。なお、ステップS16で、指標iの値がレジスタIに記憶する値以上であるときには、レジスタIの書き替えを行わずにステップS18に進む。

【0046】以下、指標iがmに達するまでステップS5以下の処理を実行し、ファイルFL2の各アドレスiの記憶部Ai(ΔP)に基準射出圧力との圧力偏差を積算するが、すでにフラグf2が「1」にセットされているから、ステップS13からステップS19に移行して、位置偏差増大位置の検出処理(ステップS14～S18)は実行しない。かくして、指標iがmに達すると、前述したステップS20～S23の処理を行い、カウンタCの値が設定値C0に達してなければ再びステップS2以下の前述した処理を実行する。以下、カウンタCの値が設定値C0に達するまでステップS2～ステップS23の処理を繰り返し行い圧力偏差 ΔP を記憶する各アドレスiの記憶部Ai(ΔP)に各アドレスiにおける圧力偏差を積算する(ステップS12)と共に、位置偏差($B-P_o s(i)$)が ϵ を越えたときの指標iの一番小さい値をレジスタIに記憶する(ステップS15～S18)。

【0047】カウンタCの値が設定値C0に達すると、ファイルFL2の各記憶部Ai(ΔP)に記憶する基準射出圧力との圧力偏差の積算値の絶対値の最大値MaxAを求める(ステップS24)。該最大値MaxAで各アドレスの記憶部Ai(ΔP)に記憶する圧力偏差の積算値の符号を無視した値を除いて、該最大値を「1」とする圧力偏差によるメンバーシップ関数1の値 α_i (α_i の符号は常に正)を求め、ファイルFL2に格納する(ステップS25)。

【0048】同一の速度指令パターンでショット(射出)を行い、最初のショットで得られた射出圧力波形に対して以後のショットの射出圧力との圧力偏差の積算値が大きいということは、その積算値の大きいスクリュ位置(アドレスiの位置)で射出圧力にばらつきがあることであり、その位置は樹脂流路が狭い等による樹脂流動抵抗が大きく制御が不安定な位置であることを示している。その結果、上記メンバーシップ関数1の値 α_i の大きさが上記制御不安定の度合いを示すことになり、後述するように、この位置においては速度指令 V_c を減少させて安定した制御を行うようにさせる。

【0049】次に、レジスタIに記憶する位置偏差の増大位置のアドレス位置より、設定されている比率($1/q$)で1になるまで増加させる位置偏差によるメンバ-

シッパ関数の値 β_i を求め、ファイルF L 2に記憶する(ステップS 26)。即ち、便宜的にレジスタIに記憶する値がIであったとすると、アドレスiが1〜(I-1)までは該メンバーシップ関数の値 β_i を「0」、アドレスIのメンバーシップ関数の値 $\beta(I)$ を「1/q」、次のアドレス(I+1)のメンバーシップ関数の値 $\beta(I+1)$ を「2/q」、以下、 $\beta(I+2)=3/q$ 、 \dots 、 $\beta(I+q-1)=q/q=1$ とし、以後の $\beta(I+q)$ から β_m までを「1」とする。

【0050】そして、2つのメンバーシップ関数の値 α_i 、 β_i の内大きい方の値を射出速度指令を補正するための制御入力量としての値 γ_i として各アドレス毎に求め、ファイルF L 2に記憶する(ステップS 27)。次に、各アドレス位置に射出速度指令V c iからこうして求めた制御入力量 γ_i に設定比例定数kを乗じた値を減じて補正された射出速度指令を求め不揮発性メモリ24のファイルF L 1に記憶された射出速度指令V c iを置き換え、さらにファイルF L 2に記憶する射出圧力P c iを不揮発性メモリ24のファイルF L 1に格納し射出圧力指令P o iのパターンとし(ステップS 28、S 29)、この射出速度パターン、射出圧力パターン設定処理を終了する。

【0051】以上のようにして、メンバーシップ関数の値 α_i 、 β_i に基づく制御入力量 γ_i により、樹脂の流路が狭くなる等により樹脂の流動抵抗が変動し制御が不安定になる位置において、さらに、金型内の樹脂充填率が增大してスクリュが指令に追従できなくなるような位置からは、指令速度V c iが減少された速度指令パターンを得ることができる。

【0052】こうして射出速度パターン、射出圧力パターンが設定された後、射出成形機に連続成形指令を入力すると、制御装置10は、射出工程になると、CNC用CPU18は各サンプリング周期毎ファイルF L 1に記憶された速度指令V c iをサーボCPU20に出力し、サーボCPU20は図2に示す射出速度のフィードバック処理と射出圧力フィードバック処理を実行する。即ち、サーボCPU20はファイルF L 1からサンプリング周期毎射出圧力指令P o iを読み取り、該射出圧力指令P o iからロードセル圧力センサS e 1からフィードバックされてくる実射出圧力を減じて圧力偏差を求め該圧力偏差に設定比例定数Kを乗じた値を、CNC用CPU18から送られてくる速度指令V c iに加算し、補正された速度指令を求め該補正速度指令とパルスコグP 2によって求められる実速度のフィードバックにより従来と同様の速度フィードバック制御を行いトルク指令を求め、該トルク指令と電流検出器からのフィードバック信号により従来と同様の電流フィードバック制御を行い射出用サーボモータM 2を駆動し射出(保圧を含む)を実行することになる。

【0053】樹脂の流路が狭くなる等により樹脂の流動

抵抗が変動し制御が不安定になる位置、金型内の樹脂充填率が增大してスクリュが指令に追従できなくなるような位置においては、指令射出速度が落とされることにより制御の不安定さが解消され、安定した射出制御ができ、簡単に良成形品を得る射出速度指令パターン、射出圧力指令パターンを得ることができる。

【0054】なお、上記実施例においては、メンバーシップ関数の値 α_i を求める際に、圧力偏差 ΔP が生じる位置は、その位置で樹脂流路が狭くなる等により制御が不安定になっている位置として、圧力偏差 ΔP を積算した値A i (ΔP)によって該メンバーシップ関数の値 α_i を求めた。それは、圧力偏差 ΔP が生じる各位置においては、同一符合の圧力偏差が生じるものとして、単に該圧力偏差 ΔP を積算するだけでよいものとした。しかし、同一スクリュ位置において、圧力偏差にバラツキがあり、正、負の圧力偏差が生じ、この圧力偏差 ΔP を積算した時、正、負の圧力偏差が打ち消しあい、小さな積算値、さらには「0」となる場合も考えられる。そのため、より正確にするに、図3のステップS 11で求めた圧力偏差 ΔP の絶対値を記憶部A i (ΔP)に積算することによって、圧力偏差 ΔP の符合を無視し、圧力偏差 ΔP のバラツキを考慮したステップS 24、S 25における圧力偏差 ΔP の絶対値の積算値、及び圧力偏差 ΔP の絶対値の積算値によるメンバーシップ関数の値 α_i を求めるようにしてもよい。

【0055】さらに、スクリュ位置において、ある位置では、正の圧力偏差 ΔP が各ショット毎生じ、他の場所では負の圧力偏差 ΔP が各ショット毎生じるという現象が生じる場合もある。この場合でも上記実施例では、圧力偏差 ΔP が生じる位置は制御が不安定な位置として、指令射出速度を低下させるようにメンバーシップ関数の値 α_i を求めるようにした。しかし、圧力偏差 ΔP が負の場合($P c(i) < P(i)$)は、基準射出圧力パターンでは指令射出速度指令が高すぎるものとしてその速度指令を低下させ、圧力偏差 ΔP が正の場合($P c(i) > P(i)$)は、指令射出速度指令が低く増大させることが可能として、圧力偏差 ΔP の積算値の符合に合わせて正負のメンバーシップ関数の値 α_i を求め、指令射出速度V C iを増減させるようにしてもよい。

【0056】

【発明の効果】本発明は、複数回の射出成形によって簡単に射出速度指令パターン及び射出圧力指令パターンを得ることができる。しかも、金型や樹脂の種類によって異なる制御対象に対して、制御系が不安定となる箇所に対してゲインを低下させる等の非線形のゲインを設定する代わりに、制御系が不安定となる箇所に対して速度指令を低下させることによって対応したから、制御系のゲインを変更させる必要がなく、かつ、この制御系のゲインも従来の制御系と比較し、大きくすることができ、追従精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の射出制御方法を実施する一実施例の電動式射出成形機の要部ブロック図である。

【図2】同実施例におけるサーボモータ制御系のブロック図である。

【図3】同実施例における射出速度指令パターン及び射出圧力指令パターンを得る処理のフローチャートの一部である。

【図4】同フローチャートの続きである。

【図5】同実施例において、メモリに設けられるファイルの説明図である。

【図6】樹脂圧を検出する実験における圧力センサの取り付け位置を説明する説明図である。

【図7】射出速度のフィードバック制御を行って得られた射出速度、各圧力センサでの検出圧力を描画した実験結果を示す図である。

【図8】射出圧力のフィードバック制御を行って得られた射出速度、各圧力センサでの検出圧力を描画した実験結果を示す図である。

【図9】射出開始を起点とし各圧力センサが圧力を感知した時間遅れのばらつきを測定した実験結果を表す図である。

【図10】再生材混合比を変えて成形を行って得られた成形品の重量のばらつきを測定した実験結果を示す図である。

【図11】射出速度のフィードバック制御による成形を行い検出射出圧力にピークが生じている成形の射出速度波形と射出圧力波形を示す図である。

【図12】図11の射出圧力波形を編集し、ピークをとった射出圧力波形を射出圧力指令パターンとして射出圧

力のフィードバック制御を行ったときの射出速度波形と射出圧力波形を示す図である。

【図13】射出速度一定で、20mm/sから60mm/sまで5mm/sまで速度を増やし、射出速度のフィードバック制御による成形を行ったとき射出圧力を測定した実験結果を示す図である。

【図14】同一射出条件で射出速度のフィードバック制御による成形を数回行って得られた射出圧力波形と各成形における射出圧力偏差を示す図である。

【図15】図14から得られるメンバーシップ関数の値を示す図である。

【図16】同一射出条件で射出速度のフィードバック制御による成形を数回行って得られたスクリュ位置と各成形におけるスクリュ位置偏差を示す図である。

【図17】図16から得られるメンバーシップ関数の値を示す図である。

【図18】図15及び図17から得られる制御入力量としてのゲイン関数である。

【符号の説明】

- 10 制御装置
- 15 サーボアンプ
- 17 圧力モニタ用CPU
- 20 サーボCPU
- 24 不揮発性メモリ
- 25 CNC用CPU
- 30 電動式射出成形機
- 35 スクリュー
- M2 射出用サーボモータ
- P2 パルスコーダ
- Se1 ロードセル圧力センサ